

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ УСТАНОВКИ ДИСТАНЦІЙНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів»
спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Укладачі: С.П. Шевчук, А.В. Ворфоломеев, М.П. Осадчук

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Рецензент

Попович О.М., д.т.н., с.н.с. Інституту електродинаміки НАН України

Відповідальний
редактор

Городецький В.Г., к.ф.-м.н., доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 23.06.2022 р.)
за поданням Вченої ради Інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 10 від 31.05.2022 р.)*

В посібнику наведені лабораторні роботи з курсу "Енерго- та ресурсоефективні установки". Приділена увага розрахунку характеристик основних типів нагнітачів – відцентрового насоса, відцентрового вентилятора та поршневого компресора. Лабораторні роботи адаптовані для виконання в умовах переведення вищих навчальних закладів на дистанційну форму навчання.

Посібник призначений для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю "141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" денної та заочної форми навчання.

Реєстр. № НП 21/22-527. Обсяг 1,0 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

Зміст

Вступ	4
Лабораторна робота №1	5
Лабораторна робота №2	10
Лабораторна робота №3	16
Лабораторна робота №4	21
Література	27

Вступ

Даний посібник призначений для студентів спеціальності "141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", які вивчають курс "Енерго- та ресурсоефективні установки". Лабораторні роботи дозволяють студентам набути навички розрахунку характеристик основних типів нагнітачів – відцентрового насоса, відцентрового вентилятора та поршневого компресора. Даний посібник може використовуватися сумісно з методичними вказівками для виконання лабораторних робіт з курсу "Енерго- та ресурсоефективні установки" [1].

Використання даного посібника є доцільним у випадку переведення вищих навчальних закладів на дистанційну форму навчання. Завдання в посібнику складені з урахуванням того, що під час дистанційного навчання не всі студенти можуть мати надійне підключення до інтернету. Для отримання завдання та здачі виконаних лабораторних робіт студентам достатньо мати можливість користуватися електронною поштою.

Лабораторна робота №1

В лабораторній роботі виконується дослідження напірної характеристики відцентрового насоса. Схема лабораторної установки показана на рис. 1.1. Кожний студент отримує індивідуальне завдання, в якому вказані тиск p , який показує манометр 6 на виході насоса, час t , за який насос перекачує всю воду з бака 1, напруга U та струм I , які споживає електродвигун 5. В кожному варіанті дані наведені для 5 дослідів, які відповідають різним положенням засувки 7. Для всіх варіантів завдання приймаються однаковими розміри бака $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ м та ККД електродвигуна $\eta_0 = 0,8$.

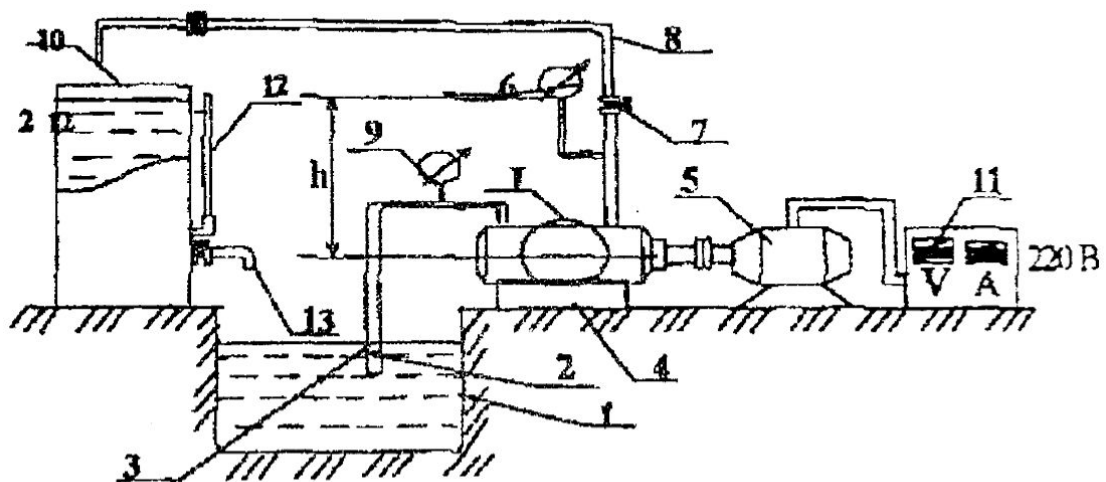


Рисунок 1.1 – Схема експериментальної установки.

Послідовність виконання лабораторної роботи:

1. За відомими розмірами бака обчислити його об'єм V .
2. Для кожного дослідів обчислити подачу насоса, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q = \frac{V}{t}. \quad (1.1)$$

Зверніть увагу, що в кожному варіанті завдання перший дослід виконувався для закритої засувки, через що $Q = 0$, а значення часу t не наводиться.

Завдання
до лабораторної роботи №1

Варіант	Номер досліджу	U , В	I , А	p , Па	t , с
1	1	145	17	180000	-
	2	145	18,25	149063	63
	3	145	19,5	108750	31
	4	145	20,75	59063	21
	5	145	21,75	12563	16
2	1	155	17	190000	-
	2	155	18,25	165989	56
	3	155	19,5	126319	28
	4	155	20,75	70989	19
	5	155	21,75	15451	15
3	1	135	17	200000	-
	2	135	18,25	185714	50
	3	135	19,5	147619	25
	4	135	20,75	85714	17
	5	135	21,75	19048	13
4	1	145	17	160000	-
	2	145	18,25	132500	45
	3	145	19,5	96667	23
	4	145	20,75	52500	15
	5	145	21,75	11167	12
5	1	135	17	170000	-
	2	135	18,25	148517	63
	3	135	19,5	113022	31
	4	135	20,75	63516	21
	5	135	21,75	13824	16
6	1	155	17	180000	-
	2	155	18,25	167143	56
	3	155	19,5	132857	28
	4	155	20,75	77143	19
	5	155	21,75	17143	15
7	1	155	17	190000	-
	2	155	18,25	157344	50
	3	155	19,5	114792	25
	4	155	20,75	62344	17
	5	155	21,75	13260	13

Варіант	Номер досліджу	U , В	I , А	p , Па	t , с
8	1	145	17	200000	-
	2	145	18,25	174725	45
	3	145	19,5	132967	23
	4	145	20,75	74725	15
	5	145	21,75	16264	12
9	1	135	17	160000	-
	2	135	18,25	148571	63
	3	135	19,5	118095	31
	4	135	20,75	68571	21
	5	135	21,75	15238	16
10	1	155	17	170000	-
	2	155	18,25	140781	56
	3	155	19,5	102708,	28
	4	155	20,75	55781	19
	5	155	21,75	11865	15
11	1	135	17	180000	-
	2	135	18,25	157253	50
	3	135	19,5	119670	25
	4	135	20,75	67253	17
	5	135	21,75	14637	13
12	1	145	17	190000	-
	2	145	18,25	176429	45
	3	145	19,5	140238	22
	4	145	20,75	81429	15
	5	145	21,75	18095	12
13	1	135	17	200000	-
	2	135	18,25	165625	63
	3	135	19,5	120833	31
	4	135	20,75	65625	21
	5	135	21,75	13958	16
14	1	145	17	160000	-
	2	145	18,25	139780	56
	3	145	19,5	106374	28
	4	145	20,75	59780	19
	5	145	21,75	13011	15

Варіант	Номер досліджу	U , В	I , А	p , Па	t , с
15	1	155	17	170000	-
	2	155	18,25	157857	50
	3	155	19,5	125476	25
	4	155	20,75	72857	17
	5	155	21,75	16190	13
16	1	135	17	180000	-
	2	135	18,25	149063	45
	3	135	19,5	108750	23
	4	135	20,75	59063	15
	5	135	21,75	12563	12
17	1	155	17	190000	-
	2	155	18,25	165989	63
	3	155	19,5	126319	31
	4	155	20,75	70989	21
	5	155	21,75	154501	16
18	1	145	17	200000	-
	2	145	18,25	185714	56
	3	145	19,5	147619	28
	4	145	20,75	85714	19
	5	145	21,75	19048	15
19	1	145	17	160000	-
	2	145	18,25	132500	50
	3	145	19,5	96667	25
	4	145	20,75	52500	17
	5	145	21,75	11167	13
20	1	155	17	170000	-
	2	155	18,25	148517	45
	3	155	19,5	113022	23
	4	155	20,75	63517	15
	5	155	21,75	13824	12

Лабораторна робота №2

В лабораторній роботі виконується дослідження характеристик відцентрового вентилятора. Схема лабораторної установки показана на рис. 2.1. Кожний студент отримує індивідуальне завдання, в якому вказані значення швидкостей потоку повітря C_2 , виміряні в 5 різних точках поперечного перерізу дифузора 2, покази депресіометрів h_1 , h_0 (6 та 5 на рис. 2.1) та сила струму I в колі електродвигуна 1. В кожному варіанті дані наведені для 5 дослідів, які відповідають різним положенням засувки 4. Для всіх варіантів завдання приймаються однаковими напруга мережі $U_n = 380$ В, ККД електродвигуна $\eta = 0,9$ та коефіцієнт потужності електродвигуна $\cos \varphi = 0,8$.

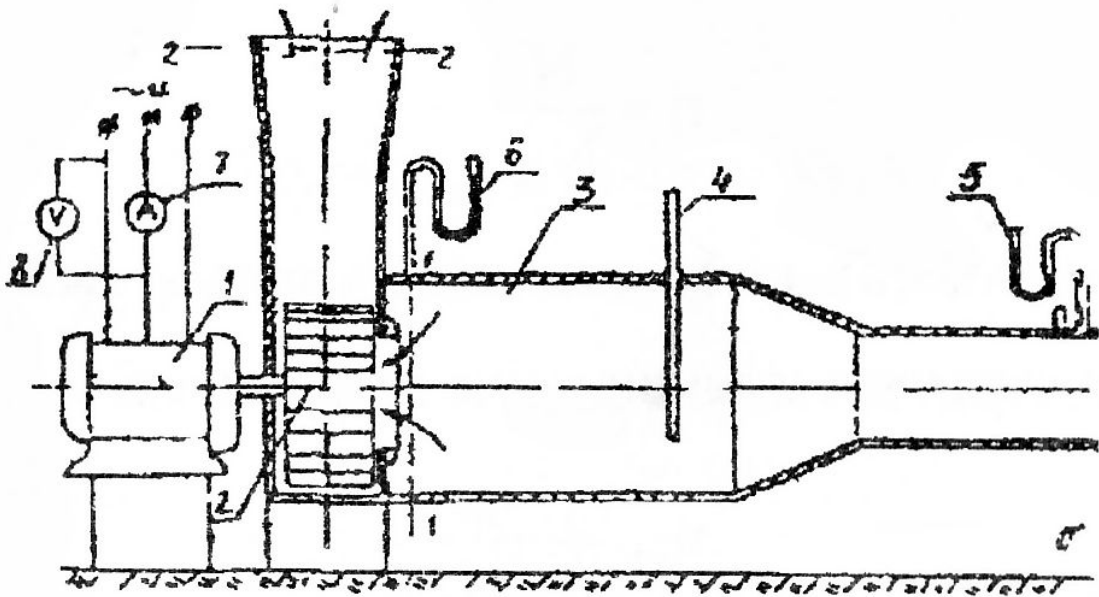


Рисунок 2.1 – Відцентровий вентилятор.

Послідовність виконання лабораторної роботи:

1. Обчислити середню швидкість потоку повітря на виході з вентилятора \bar{C}_2 як середнє арифметичне 5 швидкостей C_2 для кожного дослідів.

2. Визначити подачу вентилятора, м³/с (формула (3.19) з методичних вказівок [1]):

$$Q = 0,09\bar{C}_2. \quad (2.1)$$

3. Визначити повний тиск, який розвиває вентилятор (формула (3.20) з методичних вказівок [1])

$$p_e = 100(h_1 - h_0) + 1772Q^2. \quad (2.2)$$

В формулу (2.2) покази депресіометрів h_1 , h_0 необхідно підставити в сантиметрах, а подачу вентилятора Q - в м³/с.

4. Визначити статичний тиск, який розвиває вентилятор:

$$p_{cm} = 100(h_1 - h_0). \quad (2.3)$$

В формулу (2.3) покази депресіометрів h_1 , h_0 необхідно підставити в сантиметрах.

5. Визначити потужність на валу двигуна (формула (3.17) з методичних вказівок [1]):

$$N_e = \sqrt{3}U_n I \eta \cos \varphi. \quad (2.4)$$

6. Визначити повний ККД вентилятора (формула (3.18) з методичних вказівок [1]):

$$\eta = \frac{p_e Q}{330I}. \quad (2.5)$$

7. Визначити статичний ККД вентилятора:

$$\eta = \frac{p_{cm} Q}{330I}. \quad (2.6)$$

8. Визначити повну потужність вентилятора:

$$N = N_e \eta. \quad (2.7)$$

9. Визначити статичну потужність вентилятора:

$$N_{cm} = N_e \eta_{cm}. \quad (2.8)$$

10. Результати розрахунків занести в таблицю 2.1.

11. Повторити розрахунки за п. 1-10 для всіх дослідів.

Завдання
до лабораторної роботи №2

Варіант	Номер досліду	C_2 , м/с для точок перерізу					h_1 , см	h_0 , см	I , А
		1	2	3	4	5			
1	1	0,83	1,17	1,83	2,17	2,33	1,9	1,5	1,63
	2	1,11	1,56	2,44	2,89	3,11	2,7	2	1,75
	3	1,39	1,94	3,06	3,61	3,89	3,6	2,5	1,88
	4	1,67	2,33	3,67	4,33	4,67	4,6	3	2
	5	1,94	2,72	4,28	5,06	5,44	5,7	3,5	2,13
2	1	0,92	1,28	2,02	2,29	2,66	1,7	1,2	1,63
	2	1,22	1,71	2,69	3,06	3,54	2,5	1,6	1,75
	3	1,53	2,14	3,36	3,82	4,43	3,3	2	1,88
	4	1,83	2,57	4,03	4,58	5,32	4,3	2,4	2
	5	2,14	2,99	4,71	5,35	6,2	5,4	2,8	2,13
3	1	0,67	0,93	1,53	1,73	1,8	1,2	0,9	1,63
	2	0,89	1,24	2,04	2,31	2,4	1,7	1,2	1,75
	3	1,11	1,56	2,56	2,89	3	2,2	1,5	1,88
	4	1,33	1,87	3,07	3,47	3,6	2,8	1,8	2
	5	1,56	2,18	3,58	4,04	4,2	3,5	2,1	2,13
4	1	0,75	1,05	1,73	1,88	2,1	1,8	1,5	1,63
	2	1	1,4	2,3	2,5	2,8	2,6	2	1,75
	3	1,25	1,75	2,88	3,13	3,5	3,4	2,5	1,88
	4	1,5	2,1	3,45	3,75	4,2	4,3	3	2
	5	1,75	2,45	4,03	4,38	4,9	5,3	3,5	2,13
5	1	0,83	1,08	1,83	2,17	2,42	1,3	0,9	1,63
	2	1,11	1,44	2,44	2,89	3,22	1,9	1,2	1,75
	3	1,39	1,81	3,06	3,61	4,03	2,6	1,5	1,88
	4	1,67	2,17	3,67	4,33	4,83	3,4	1,8	2
	5	1,94	2,53	4,28	5,06	5,64	4,3	2,1	2,13
6	1	0,92	1,19	2,02	2,29	2,75	1,7	1,2	1,63
	2	1,22	1,59	2,69	3,06	3,67	2,5	1,6	1,75
	3	1,53	1,99	3,36	3,82	4,58	3,3	2	1,88
	4	1,83	2,38	4,03	4,58	5,5	4,3	2,4	2
	5	2,14	2,78	4,71	5,35	6,42	5,4	2,8	2,13
7	1	0,67	0,87	1,53	1,73	1,87	1,5	1,2	1,63
	2	0,89	1,16	2,04	2,31	2,49	2,1	1,6	1,75
	3	1,11	1,44	2,56	2,89	3,11	2,7	2	1,88
	4	1,33	1,73	3,07	3,47	3,73	3,4	2,4	2
	5	1,56	2,02	3,58	4,04	4,36	4,2	2,8	2,13

Варіант	Номер досліджу	C_2 , м/с для точок перерізу					h_1 , см	h_0 , см	I , А
		1	2	3	4	5			
8	1	0,75	0,98	1,73	1,88	2,18	1,8	1,5	1,63
	2	1	1,3	2,3	2,5	2,9	2,6	2	1,75
	3	1,25	1,63	2,88	3,13	3,63	3,4	2,5	1,88
	4	1,5	1,95	3,45	3,75	4,35	4,3	3	2
	5	1,75	2,28	4,03	4,38	5,08	5,3	3,5	2,13
9	1	0,92	1,17	1,83	2,17	2,25	1,3	0,9	1,63
	2	1,22	1,56	2,44	2,89	3	1,9	1,2	1,75
	3	1,53	1,94	3,06	3,61	3,75	2,6	1,5	1,88
	4	1,83	2,33	3,67	4,33	4,5	3,4	1,8	2
	5	2,14	2,72	4,28	5,06	5,25	4,3	2,1	2,13
10	1	1,01	1,28	2,02	2,29	2,57	1,7	1,2	1,63
	2	1,34	1,71	2,69	3,06	3,42	2,5	1,6	1,75
	3	1,68	2,14	3,36	3,82	4,28	3,3	2	1,88
	4	2,02	2,57	4,03	4,58	5,13	4,3	2,4	2
	5	2,35	2,99	4,71	5,35	5,99	5,4	2,8	2,13
11	1	0,73	0,93	1,53	1,73	1,73	1,2	0,9	1,63
	2	0,98	1,24	2,04	2,31	2,31	1,7	1,2	1,75
	3	1,22	1,56	2,56	2,89	2,89	2,2	1,5	1,88
	4	1,47	1,87	3,07	3,47	3,47	2,8	1,8	2
	5	1,71	2,18	3,58	4,04	4,04	3,5	2,1	2,13
12	1	0,83	1,05	1,73	1,88	2,03	1,8	1,5	1,63
	2	1,1	1,4	2,3	2,5	2,7	2,6	2	1,75
	3	1,38	1,75	2,88	3,13	3,38	3,4	2,5	1,88
	4	1,65	2,1	3,45	3,75	4,05	4,3	3	2
	5	1,93	2,45	4,03	4,38	4,73	5,3	3,5	2,13
13	1	0,92	1,08	1,83	2,17	2,33	1,3	0,9	1,63
	2	1,22	1,44	2,44	2,89	3,11	1,9	1,2	1,75
	3	1,53	1,81	3,06	3,61	3,89	2,6	1,5	1,88
	4	1,83	2,17	3,67	4,33	4,67	3,4	1,8	2
	5	2,14	2,53	4,28	5,06	5,44	4,3	2,1	2,13
14	1	1,01	1,19	2,02	2,29	2,66	1,7	1,2	1,63
	2	1,34	1,59	2,69	3,06	3,54	2,5	1,6	1,75
	3	1,68	1,99	3,36	3,82	4,43	3,3	2	1,88
	4	2,02	2,38	4,03	4,58	5,32	4,3	2,4	2
	5	2,35	2,78	4,71	5,35	6,2	5,4	2,8	2,13
15	1	0,73	0,87	1,53	1,73	1,8	1,8	1,5	1,63
	2	0,98	1,16	2,04	2,31	2,4	2,5	2	1,75
	3	1,22	1,44	2,56	2,89	3	3,2	2,5	1,88
	4	1,47	1,73	3,07	3,47	3,6	4	3	2
	5	1,71	2,02	3,58	4,04	4,2	4,9	3,5	2,13

Варіант	Номер досліджу	C_2 , м/с для точок перерізу					h_1 , см	h_0 , см	I , А
		1	2	3	4	5			
16	1	0,83	0,98	1,73	1,88	2,1	1,2	0,9	1,63
	2	1,1	1,3	2,3	2,5	2,8	1,8	1,2	1,75
	3	1,38	1,63	2,88	3,13	3,5	2,4	1,5	1,88
	4	1,65	1,95	3,45	3,75	4,2	3,1	1,8	2
	5	1,93	2,28	4,03	4,38	4,9	3,9	2,1	2,13
17	1	0,83	1,17	1,83	2,17	2,33	1,9	1,5	1,63
	2	1,11	1,56	2,44	2,89	3,11	2,7	2	1,75
	3	1,39	1,94	3,06	3,61	3,89	3,6	2,5	1,88
	4	1,67	2,33	3,67	4,33	4,67	4,6	3	2
	5	1,94	2,72	4,28	5,06	5,44	5,7	3,5	2,13
18	1	0,92	1,28	2,02	2,29	2,66	1,7	1,2	1,63
	2	1,22	1,71	2,69	3,06	3,54	2,5	1,6	1,75
	3	1,53	2,14	3,36	3,82	4,43	3,3	2	1,88
	4	1,83	2,57	4,03	4,58	5,32	4,3	2,4	2
	5	2,14	2,99	4,71	5,35	6,2	5,4	2,8	2,13
19	1	0,67	0,93	1,53	1,73	1,8	1,8	1,5	1,63
	2	0,89	1,24	2,04	2,31	2,4	2,5	2	1,75
	3	1,11	1,56	2,56	2,89	3	3,2	2,5	1,88
	4	1,33	1,87	3,07	3,47	3,6	4	3	2
	5	1,56	2,18	3,58	4,04	4,2	4,9	3,5	2,13
20	1	0,75	1,05	1,73	1,88	2,1	1,5	1,2	1,63
	2	1	1,4	2,3	2,5	2,8	2,2	1,6	1,75
	3	1,25	1,75	2,88	3,13	3,5	2,9	2	1,88
	4	1,5	2,1	3,45	3,75	4,2	3,7	2,4	2
	5	1,75	2,45	4,03	4,38	4,9	4,6	2,8	2,13

Лабораторна робота №3

В лабораторній роботі виконується дослідження характеристик компресора. Кожний студент отримує індивідуальне завдання, в якому вказані час t , за який манометричний тиск в резервуарі на виході з компресора досягає значення p_2 , температура повітря T_1 на вході в компресор, температура повітря T_2 на виході з компресора. В кожному варіанті дані наведені для 5 дослідів, які відповідають різним значенням p_2 . Для всіх варіантів завдання резервуар на виході з компресора має форму циліндра з діаметром основи $d = 13$ см і висотою $h = 85$ см.

Послідовність виконання лабораторної роботи:

1. Обчислити об'єм резервуара на виході з компресора, м³:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h. \quad (3.1)$$

Тут і надалі всі розрахунки виконуються в одиницях системи СІ.

2. Перевести значення температури T_1 , T_2 в градуси Кельвіна (додати 273 К).

3. Перевести манометричний тиск p_2 , заданий в атмосферах, в абсолютний тиск, виражений в паскалях. Абсолютний тиск більший за атмосферний на 1 атм. В розрахунках можна прийняти 1 атм = 10⁵ Па.

4. Визначити вагову продуктивність компресора, Н/с:

$$G = \frac{gV}{Rt} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right), \quad (3.2)$$

де g - прискорення вільного падіння; $R = 287$ Дж/кг·К – індивідуальна газова стала повітря; $p_1 = 10^5$ Па – абсолютний тиск на вході в компресор; p_2 – абсолютний тиск на виході з компресора.

5. Визначити ступінь стиснення повітря в компресорі:

$$\varepsilon = \frac{p_2}{p_1}, \quad (3.3)$$

де p_1 – абсолютний тиск на вході в компресор; p_2 – абсолютний тиск на виході з компресора.

6. Результати розрахунків за п. 3-5 звести в таблицю 3.1.

7. За результатами розрахунків побудувати графік $G = f(\varepsilon)$.

Таблиця 3.1

Номер досліджу	Манометричний тиск p_2 , атм	t , с	Абсолютний тиск p_2 , Па	G , Н/с	ε
1					
...					
5					

Завдання
до лабораторної роботи №3

Варіант	Номер досліду	Манометричний тиск p_2 , атм	t , с	T_1 , °C	T_2 , °C
1	1	0,2	17	18	20
	2	0,4	29		
	3	0,6	40		
	4	0,8	52		
	5	1	67		
2	1	0,4	32	12	14
	2	0,6	42		
	3	0,8	52		
	4	1	64		
	5	1,2	80		
3	1	0,6	40	14	16
	2	0,8	49		
	3	1	61		
	4	1,2	81		
	5	1,4	122		
4	1	0,2	16	18	20
	2	0,4	30		
	3	0,6	43		
	4	0,8	59		
	5	1	78		
5	1	0,4	31	14	16
	2	0,6	43		
	3	0,8	56		
	4	1	72		
	5	1,2	94		
6	1	0,6	49	12	14
	2	0,8	56		
	3	1	67		
	4	1,2	82		
	5	1,4	105		
7	1	0,2	14	12	14
	2	0,4	26		
	3	0,6	38		
	4	0,8	52		
	5	1	71		

Варіант	Номер досліджу	Манометричний тиск p_2 , атм	t , с	T_1 , °C	T_2 , °C
8	1	0,4	29	14	16
	2	0,6	38		
	3	0,8	48		
	4	1	61		
	5	1,2	81		
9	1	0,6	45	18	20
	2	0,8	58		
	3	1	75		
	4	1,2	98		
	5	1,4	136		
10	1	0,2	40	12	14
	2	0,4	45		
	3	0,6	51		
	4	0,8	59		
	5	1	70		
11	1	0,4	31	18	20
	2	0,6	41		
	3	0,8	52		
	4	1	68		
	5	1,2	93		
12	1	0,6	38	14	16
	2	0,8	51		
	3	1	68		
	4	1,2	93		
	5	1,4	137		
13	1	0,2	16	14	16
	2	0,4	27		
	3	0,6	37		
	4	0,8	48		
	5	1	62		
14	1	0,4	31	18	20
	2	0,6	44		
	3	0,8	58		
	4	1	75		
	5	1,2	99		
15	1	0,6	44	12	14
	2	0,8	56		
	3	1	73		
	4	1,2	100		
	5	1,4	153		

Варіант	Номер дослідю	Манометричний тиск p_2 , атм	t , с	T_1 , °C	T_2 , °C
16	1	0,2	34	14	16
	2	0,4	39		
	3	0,6	46		
	4	0,8	54		
	5	1	66		
17	1	0,4	28	12	14
	2	0,6	39		
	3	0,8	51		
	4	1	65		
	5	1,2	86		
18	1	0,6	36	18	20
	2	0,8	48		
	3	1	62		
	4	1,2	81		
	5	1,4	109		
19	1	0,2	36	18	20
	2	0,4	42		
	3	0,6	49		
	4	0,8	59		
	5	1	74		
20	1	0,4	34	12	14
	2	0,6	45		
	3	0,8	56		
	4	1	72		
	5	1,2	95		

Лабораторна робота №4

В лабораторній роботі виконується дослідження сумісної роботи двох насосів – послідовного (рис. 4.1) або паралельного (рис. 4.2) з'єднання. Кожний студент отримує індивідуальне завдання, в якому вказані характеристики двох насосів $H = f(Q)$, тип з'єднання насосів (послідовне або паралельне), ціна поділок за осями подачі ΔQ та напору ΔH . Необхідно побудувати сумарну характеристику насосів.

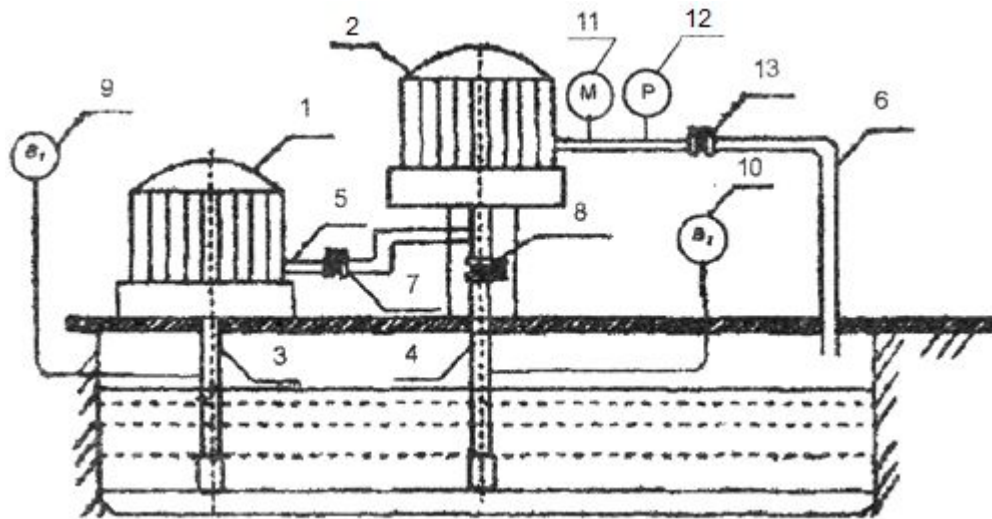


Рисунок 4.1 – Послідовне з'єднання насосів.

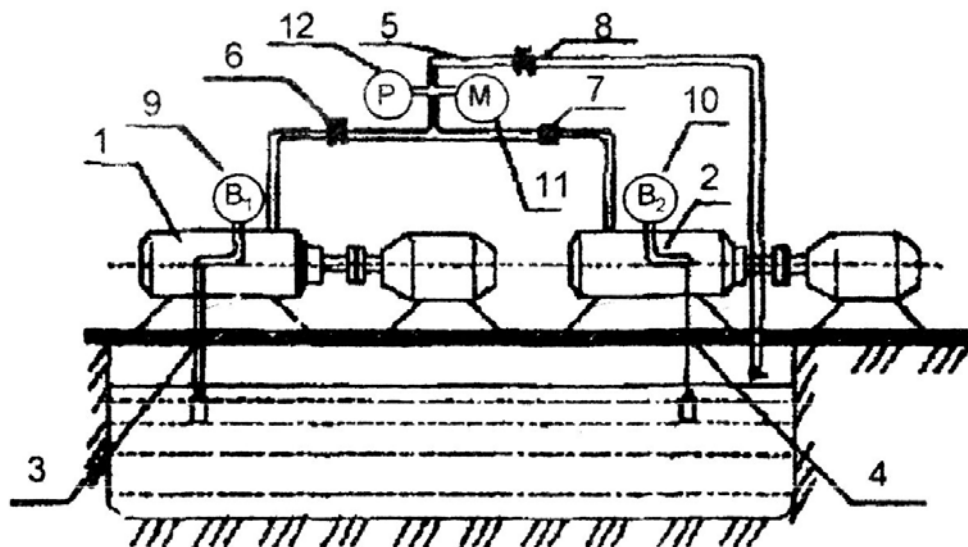


Рисунок 4.2 – Паралельне з'єднання насосів.

Послідовність виконання лабораторної роботи:

1. На аркуші в клітинку накреслити систему координат. Система координат має бути більшою за систему координат на аркуші завдання. Якщо задане послідовне з'єднання насосів, то необхідно збільшити довжину осі ординат, а якщо паралельне з'єднання – збільшити довжину осі абсцис. За потреби можна використати подвійний аркуш в клітинку. Вісь абсцис позначити як вісь подачі Q , а вісь ординат – як вісь напору H . На осі координат нанести поділки з кроком 20 мм. Прийняти ціни поділок відповідно до варіанту завдання та вказати відповідні числові значення біля поділок.

2. Перемалювати з рис. 4.5 дві характеристики насосів, номери яких вказані в таблиці завдання. На рис. 4.5 номери характеристик вказані в колах.

3. Побудувати сумарну характеристику насосів:

3.1 Для **послідовного** з'єднання насосів:

3.1.1 Провести довільну вертикальну лінію ($Q = const$), яка перетинає обидві характеристики насосів. На вертикальній лінії виміряти відстань від осі абсцис до точок перетину лінії з характеристиками насосів. За масштабом осі ординат перевести відстані у значення напорів H_1 та H_2 , які відповідають двом різним характеристикам.

3.1.2 Обчислити значення напору сумарної характеристики:

$$H_{1+2} = H_1 + H_2, \quad (4.1)$$

3.1.3 На вертикальній лінії, побудованій в п. 3.1.1, від осі абсцис в масштабі відкласти значення напору H_{1+2} та побудувати одну точку сумарної характеристики.

3.1.4 Занести в таблицю 4.1 значення подачі Q та напорів H_1 , H_2 , H_{1+2} .

3.1.5 Повторити п. 3.1.1-3.1.4, використовуючи ще декілька довільних вертикальних ліній. В якості однієї з вертикальних ліній необхідно використати вісь ординат ($Q = 0$). Всього необхідно отримати 5 точок сумарної характеристики насосів.

3.1.6 З'єднати точки сумарної характеристики, отримавши плавну лінію. Приклад побудови характеристики послідовного з'єднання насосів показаний на рис. 4.3. Лінія H_m на рис. 4.3 – характеристика зовнішньої мережі, в лабораторній роботі №4 вона не задана.

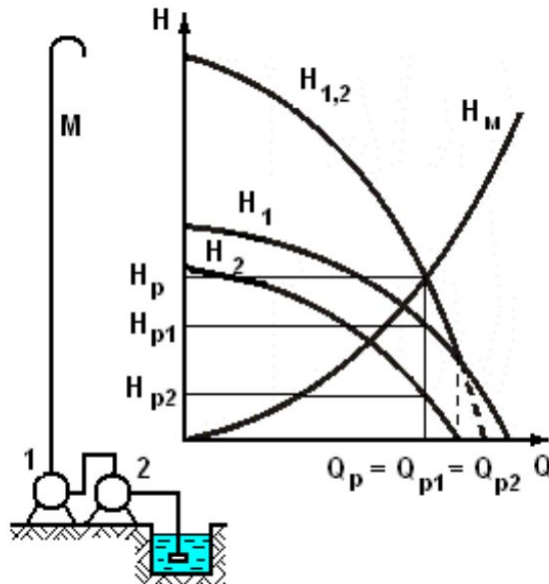


Рисунок 4.3 – Побудова сумарної характеристики послідовно з'єднаних насосів.

3.2 Для **паралельного** з'єднання насосів:

3.2.1 Провести довільну горизонтальну лінію ($H = const$), яка перетинає обидві характеристики насосів. На горизонтальній лінії виміряти відстань від осі ординат до точок перетину лінії з характеристиками насосів. За масштабом осі абсцис перевести відстані у значення подач Q_1 та Q_2 , які відповідають двом різним характеристикам.

3.2.2 Обчислити значення подачі сумарної характеристики:

$$Q_{1+2} = Q_1 + Q_2, \quad (4.2)$$

3.2.3 На горизонтальній лінії, побудованій в п. 3.2.1, від осі ординат в масштабі відкласти значення подачі Q_{1+2} та побудувати одну точку сумарної характеристики.

3.2.4 Занести в таблицю 4.1 значення напору H та подач Q_1 , Q_2 , Q_{1+2} .

3.2.5 Повторити п. 3.2.1-3.2.4, використовуючи ще декілька довільних горизонтальних ліній. В якості однієї з горизонтальних ліній необхідно

використати вісь абсцис ($H = 0$). Всього необхідно отримати 5 точок сумарної характеристики насосів.

3.2.6 З'єднати точки сумарної характеристики, отримавши плавну лінію. Приклад побудови характеристики паралельно з'єднання насосів показаний на рис. 4.4. Лінія H_m на рис. 4.4 – характеристика зовнішньої мережі, в лабораторній роботі №4 вона не задана.

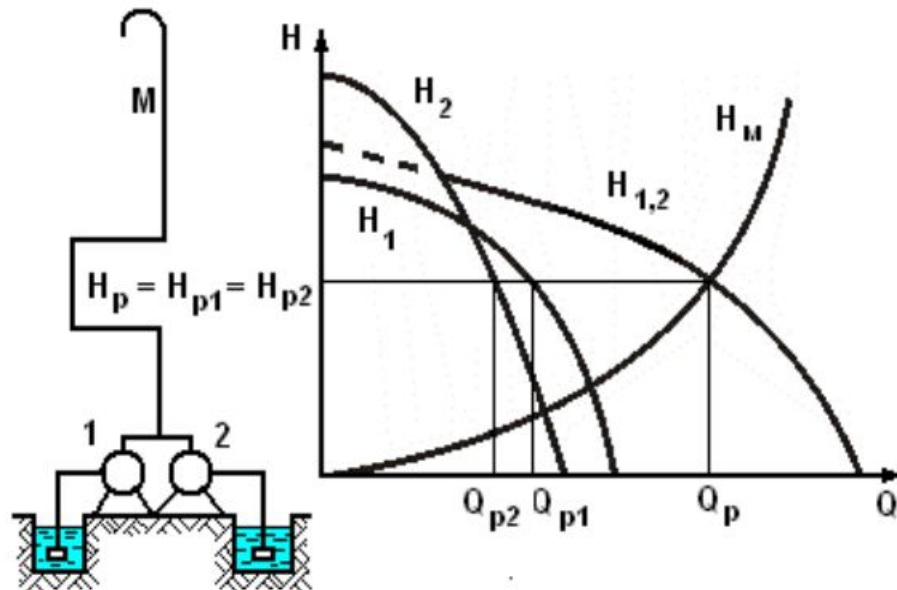


Рисунок 4.4 – Побудова сумарної характеристики паралельно з'єднаних насосів.

Оформлення лабораторної роботи довільне. В лабораторній роботі мають бути наявні побудова сумарної характеристики насосів та заповнена таблиця 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристика	Величини	Точки характеристики				
		1	2	3	4	5
1	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$					
	$H, \text{ м}$					
2	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$					
	$H, \text{ м}$					
1+2	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$					
	$H, \text{ м}$					

Завдання
до лабораторної роботи №4

Варіант	ΔQ , м ³ /с	ΔH , м	Характеристика		З'єднання
			Насос 1	Насос 2	
1	0,0015	1	1	5	послідовне
2	0,002	2	2	8	паралельне
3	0,0025	4	3	6	послідовне
4	0,0015	1	4	7	паралельне
5	0,002	4	5	9	послідовне
6	0,0025	2	6	12	паралельне
7	0,0015	2	7	10	послідовне
8	0,002	1	8	11	паралельне
9	0,0025	4	9	10	послідовне
10	0,0015	2	10	11	паралельне
11	0,002	4	11	12	послідовне
12	0,0025	1	1	5	паралельне
13	0,0015	4	2	8	послідовне
14	0,002	1	3	6	паралельне
15	0,0025	2	4	7	послідовне
16	0,0015	4	5	9	паралельне
17	0,002	2	6	12	послідовне
18	0,0025	1	7	10	паралельне
19	0,0015	1	8	11	послідовне
20	0,002	2	9	10	паралельне

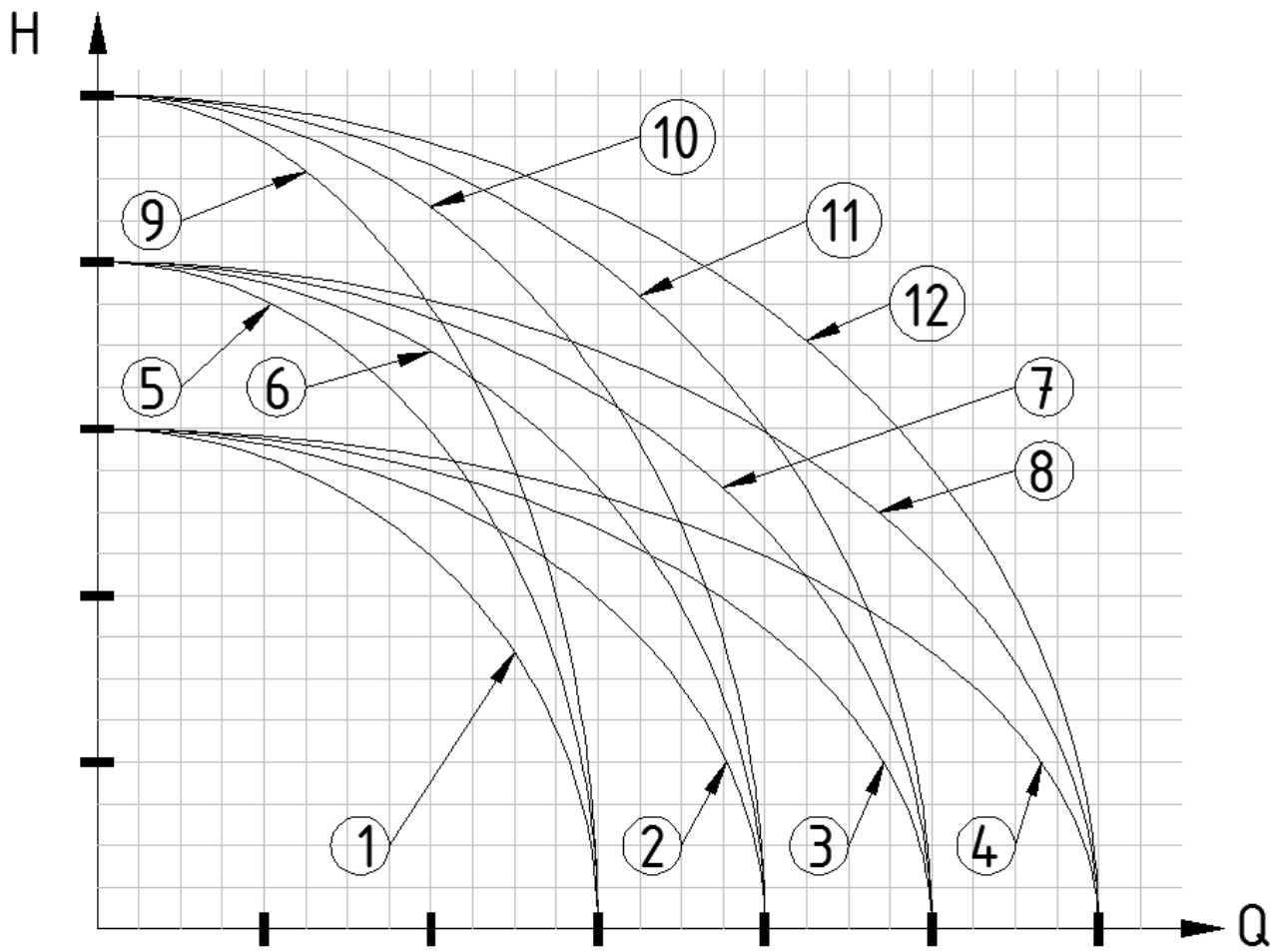


Рисунок 4.5 – Характеристики насосів.

Література

1. Шевчук С.П. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки. Лабораторні роботи: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. С.П. Шевчук, А.В. Ворфоломєєв, М.П. Осадчук. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 106 с.
2. Шевчук С.П. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки: підруч. / С.П. Шевчук, О.М. Попович, В.М. Світлицький. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 308 с.
3. Холоменюк М.В. Насосні та вентиляторні установки: навч. посіб. / М.В. Холоменюк. – Дніпропетровськ: Нац. гірн. ун-т, 2004. – 330 с.
4. Носырев Б.А. Вентиляторные установки шахт и метрополитенов / Б.А. Носырев, С.П. Белов. – Екатеринбург: УГГГА, 2000. – 278 с.
5. Чебаевский В.Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок / В.Ф. Чебаевский, К.П. Вишневский, Н.Н. Накладов. – М.: Колос, 2000. – 376 с.
6. Галеркин Ю.Б. Турбокомпрессоры: Учеб. пособ. / Ю.Б. Галеркин, Л.И. Козаченко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 374 с.