Практичне заняття

Особливості роботи осьових насосів

Питання для повторення

1. Принцип дії осьових насосів.

2. Чим відрізняються жорстколопатеві від поворотно-лопатевих осьових насосів?

3. Особливості коефіцієнта питомої швидкохідності та переваги осьових насосів.

Умови задач

1. По зведеному графіку підібрати осьовий насос, який може забезпечити напір Н і подачу Q згідно з даними табл. 1.

2. Осьовий насос має зовнішній діаметр лопатей D, діаметр втулки d, кути лопатей на вході β_1, на виході β_2. При кутовій швидкості ω і об'ємному ККД η_o насос забезпечує подачу води Q. Визначити теоретичний напір.

3. Провести орієнтирний підрахунок напору H, який розвиває осьовий насос при коефіцієнті швидкохідності n_s, а окружна швидкість на зовнішньому діаметрі робочого колеса u.

4. Визначити зовнішній діаметр робочого колеса за допомогою емпіричної формули, якщо $K = 5$, подача насосу дорівнює Q, а частота обертання n.

5. Визначити теоретичну подачу осьового насосу, якщо зовнішній діаметр робочого колеса D розраховано у попередній задачі, діаметр втулки $d = 0.5D$, а коефіцієнт швидкості K_c, а напір H.

6. Визначити середню геометричну відносну швидкість ω_{cp} потоку, якщо відомі ω_{1u}, ω_{2u}, v_z (рис. 1).

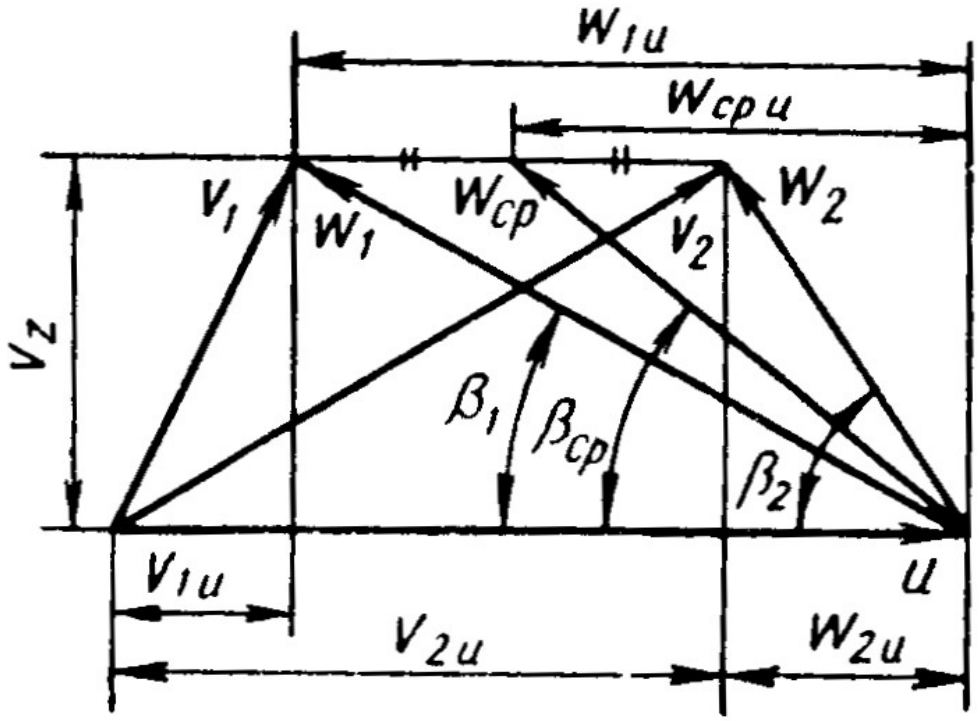

Рисунок 1 – Діаграма швидкостей до задачі 6

7. За умовами попередньої задачі визначити кут повороту потоку $\Delta\beta = (\beta_2 - \beta_1)$ та накреслити на міліметрівці діаграму швидкостей.

Таблиця 1 – Завдання до задачі 1

Варіант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
Q, л/с	13700	2500	4800	5100	34800	19000	16000	8500	10000	12000	600	1000	2000
H, м	5	9	22	6	18	15	23	18	9	11	5	3,5	4

Варіант	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
Q, л/с	3000	5000	1400	1400	20900	6000	8000	3000	7400	19800	30000	700
H, м	2,7	4,5	6	10	5	9	7	8	14	15	25	9

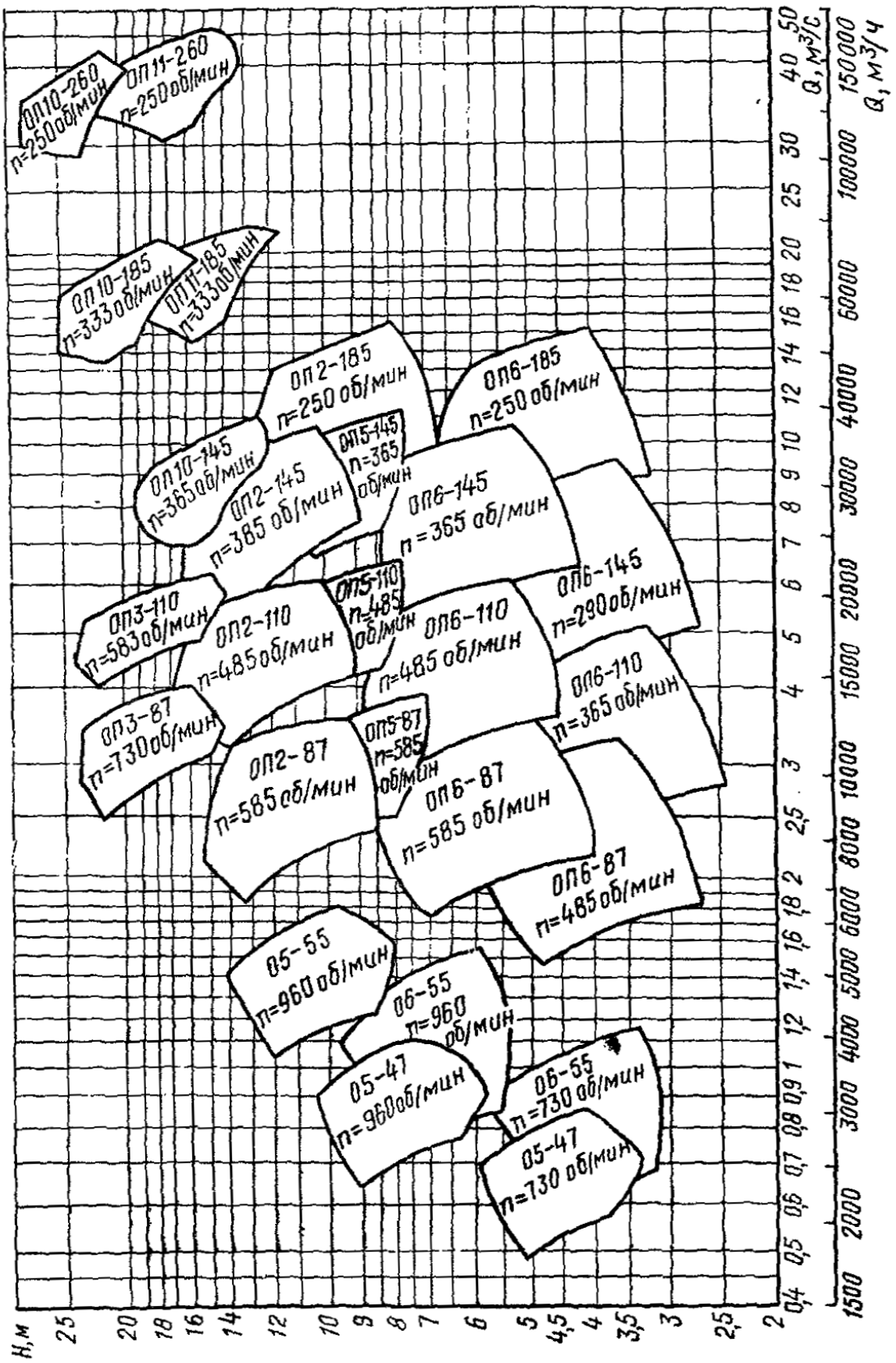

Рисунок 2 – Зведений графік полів H-Q осьових насосів типу О і ОП

Таблиця 2 – Вихідні дані до задач 2-7

Варіант	n, об/хв	D, мм		d, мм	β_1, град	β_2, град	ω, c^{-1}	η_o	Q, $м^3$/год	n_s	u, м/с	Кс	ω_{1u}	ω_{2u}	Vz
1	250	330	0,64	211	12	28	7	0,91	3560	1150	22	2,3	9,8	8	6,7
2	585	435	0,59	257	10	30	12	0,9	2560	1100	30	2,2	14	10,5	8,9
3	583	270	0,48	130	10	28	12	0,89	2260	800	23	1,6	7,7	6,5	5,6
4	485	390	0,51	199	19	33	13	0,92	3560	1200	22	2,4	6,3	5,6	4,4
5	250	385	0,48	185	11	36	5	0,91	2660	1300	18	2,6	14	10,2	9,4
6	333	110	0,47	52	16	27	11	0,89	3460	1000	25	2	20,7	14,7	14
7	333	115	0,64	74	13	25	7	0,9	4560	650	15	1,3	10,5	8,6	7,4
8	365	130	0,45	59	11	29	14	0,92	4060	1050	30	2,1	13,7	10,6	9,5
9	365	410	0,59	242	14	26	8	0,89	2760	1450	33	2,9	8,1	6,5	5,1
10	250	390	0,45	176	10	31	5	0,92	4360	1000	30	2	11	8,6	7,6
11	730	230	0,55	127	17	34	6	0,89	2860	750	36	1,5	11,3	8,5	7,4
12	730	395	0,56	221	13	33	15	0,9	4660	900	33	1,8	13,2	11,6	9,3
13	485	425	0,6	255	15	26	11	0,91	2660	1000	24	2	18,5	14,7	12,8
14	365	165	0,52	86	14	28	11	0,9	2660	750	28	1,5	6,9	5,4	4,7
15	290	220	0,58	128	17	31	7	0,89	4960	900	20	1,8	7,1	5,1	4,3
16	960	405	0,57	231	13	28	15	0,88	3160	950	18	1,9	17,2	13,3	10,7
17	960	365	0,6	219	11	34	13	0,88	4760	1150	31	2,3	5,9	5,1	4,3
18	583	460	0,55	253	17	39	7	0,92	2560	950	35	1,9	16,4	11,2	9,8
19	485	345	0,53	183	11	26	10	0,89	2160	1200	36	2,4	13,8	10	8,8
20	365	385	0,64	246	16	27	14	0,91	4060	600	28	1,2	15,9	12,7	10,4
21	585	435	0,53	231	10	27	15	0,92	3660	800	24	1,6	12,2	10,5	8,4
22	385	350	0,63	221	16	27	7	0,9	2860	700	24	1,4	16,9	14,2	11,4
23	333	395	0,48	190	9	34	7	0,92	3660	1150	31	2,3	9,9	7,2	6
24	250	110	0,62	68	17	34	15	0,9	3860	1400	39	2,8	13,6	9,6	8,6
25	960	390	0,57	222	16	27	11	0,9	3160	900	29	1,8	7,4	6,1	4,7

Приклади розв'язання типових задач

Задача 2. Дано: D = 390 мм, d = 222 мм, $\beta_1 = 16^o$, $\beta_2 = 27^o$, $\omega = 11\ ^{-1}$c, η_o = 0.9, Q = 3160 $м^3$/год.

Теоретичний напір розраховується за формулою:

$$H_m = \omega \cdot D \cdot (V_{u2} - V_{u1}) / (2 \cdot g) = 14{,}5\ м$$

$$V_{u2} - V_{u1} = u - V_r \cdot ctg\beta_2 - u + V_r \cdot ctg\beta_1 = V_r \cdot (ctg\beta_1 - ctg\beta_2) = 66{,}3\ м/с$$

Задача 3. Дано: n_s = 900, u = 29 м/с.

Для орієнтирного підрахунку напору, який розвиває осьовий насос можна скористатися формулою [1, стор. 189]:

$$H = (1 / K_н^2) \cdot (u^2 / 2g)$$

де $К_н^2$ – коефіцієнт напору, який розраховується за формулою:

$$К_н = 0,0244 \cdot n_s^{2/3} = 0,0244 \cdot 900^{2/3} = 2,274$$

$$H = (1 / 2,274^2) \cdot (29^2 / 2g) = 8,28 \text{ м.}$$

Задача 4. Дано: К = 5, Q = 3160 м^3/год, n = 960 об/хв.

Зовнішній діаметр робочого колеса визначається за допомогою емпіричної формули [1, стор. 190]:

$$D = K\sqrt[3]{Q / n},$$

де К – коефіцієнт, який дорівнює 5;

Q – подача насоса, м^3/с;

n – частота обертання, об/хв.

$$D = 5 \cdot (0.878 / 960)^{1/3} = 0.485м = 485мм.$$

Задача 5. Дано: D = 0,485м, d = 0.5·D = 0,243м, $К_с$ = 1,8, H = 9м.

Теоретичну подачу осьового насосу можна розрахувати за формулою [1, стор. 189]:

$$Q_m = \pi \cdot (D^2 – d^2) \cdot v_z / 4,$$

де D – зовнішній діаметр робочого колеса, м;

d – діаметр втулки, м;

v_z – осьова швидкість, яка дорівнює

$$v_z = K_c \sqrt{2gH},$$

де $К_с$ = коефіцієнт швидкості;

H – напір насосу, м.

$$v_z = 1,8 \cdot (2 \cdot 9,81 \cdot 9)^{0,5} = 23,92 \text{ м/с}$$

$$Q_m = 3,14 \cdot (0,485^2 – 0,243^2) \cdot 23,92 / 4 = 3,318 \text{ м}^3\text{/с.}$$

Задача 6. Дано: ω_{1u} = 7,4 м/с, ω_{2u} = 6,1 м/с, v_z = *4,7 м/с.*

Згідно схеми на рис 1:

$$\omega_{ср.u} = (\omega_{1u}/2+\omega_{2u}/2);$$

$$\omega_{ср} = (Vz^2 + \omega_{ср.u}{}^2)^{0,5} ;$$

Якщо звести дві попередні формули в одну, то отримаємо [2, стор. 48]:

$$\omega_{ср} = (Vz^2 + (\omega_{1u}/2+\omega_{2u}/2)^2)^{0,5}$$

$$\omega_{ср} = (4,7^2 + (7,4/2+6,1/2)^2)^{0,5} = 8,225 \text{ м/с}.$$

Задача 7. Дано: ω_{1u} = 7,4 м/с, ω_{2u} = 6,1 м/с, v_z = *4,7 м/с.*

Кут повороту потоку дорівнює різниці кутів $\beta_2 - \beta_1$. Кути можна знайти за формулами:

$$\beta_1 = arctan(v_z / \omega_{1u}) = arctan(4.7 / 7.4) = 32.42^o$$

$$\beta_2 = arctan(v_z / \omega_{2u}) = arctan(4.7 / 6.1) = 37.61^o$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 37.61 - 32.42 = 5.2^o.$$