

Практичне заняття №2
АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ НАПОРУ І ПОДАЧІ НАСОСА ВІД
МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОЧОГО КОЛЕСА

Питання для повторення

1. Який рух виконує рідина в робочому колесі насосу? Як при цьому визначаються швидкості і їх проекції?
2. Записати і пояснити основне рівняння відцентрового насоса.
3. З яких складових частин складається теоретичний напір відцентрового насоса?

Мета заняття набуття навичок і умінь з визначення механічних характеристик насосного обладнання.

Умови задач

- 1.Збудувати область зміни переносної швидкості на виході із робочого колеса $U_2=f(n)$ при зміні діаметру від D_2' до D_2 (табл..2).
- 2.Визначити число обертів робочого колеса насоса, якщо відомо, що число обертів n переносна швидкість на виході із колеса U_2 (табл. 2).
- 3.Визначити число обертів робочого колеса діаметром D_2 , якщо переносна швидкість на виході із нього U_2 (табл. 2).
- 4.Визначити теоретичну подачу насоса з робочим колесом діаметром D_2 , і шириною лопатки на виході із робочого колеса b_2 , якщо число обертів n , коефіцієнт, який враховує стиснення площі виходу лопатками робочого колеса $\sigma_2 = 0,9$, а кути між відповідними швидкостями на виході із робочого колеса α_2 і β_2 (табл.2).
- 5.Визначити теоретичний напір насоса, коли відомо, що діаметр робочого колеса на вході D_1 , на виході із нього D_2 , частість обертання n , швидкість на вході в робоче колесо C_1 , а кути між відповідними швидкостями на вході і на виході із робочого колеса α_1 і β_1 (табл.2).

Таблиця 2 - Вихідні дані до практичних занять №№2 і 3

Но- мер варі- анту	Діа- метр коле- са $D_1, \text{мм}$	Діа- метр коле- са D_2 мм	Ши- рина лопат- ки $b_2, \text{мм}$	Кіль- кість обер- тів n об/хв	α_1 , град	β_1 град	U_2 м/с	D_1 мм	α_2 град	β_2 град	C_1 м/с
1	1600	360	60	1450	12	15	18	150	12	30	0.8
2	550	405	65	980	11	25	9	120	20	45	1.0
3	570	200	37	2900	10	27	12	200	25	30	0.9
4	553	250	40	1450	8	16	14	200	22	40	1.2

5	405	250	21	980	14	30	10	150	12	35	0.8
6	350	600	20	2900	9	40	13	120	15	40	1.5
7	525	300	24	1450	13	35	16	180	25	30	1.0
8	380	600	27	980	11	30	15	110	22	45	0.9
9	190	450	23	2900	8	33	11	60	25	45	1.2
10	204	480	41	1450	10	35	17	80	15	32	0.9
11	180	400	40	980	12	27	8	90	20	40	1.3
12	192	400	24	2900	14	28	17	90	25	45	0.9
13	105	350	20	1450	9	29	12	40	22	32	1.2
14	115	300	37	980	11	17	10	40	12	28	1.0
15	162	300	35	2900	8	20	11	50	22	38	0.8
16	148	380	40	1450	14	24	12	50	25	40	1.4
17	168	320	44	980	11	26	14	500	20	36	0.9
18	315	520	30	2900	12	19	16	100	12	36	1.4
19	290	500	21	1450	13	18	15	100	15	30	0.8
20	128	250	61	980	9	27	16	40	25	45	1.0
21	204	400	53	2900	10	29	10	70	22	45	1.4
22	360	520	62	1450	8	36	14	130	12	34	0.9
23	185	450	41	980	11	40	10	70	220	42	1.5
24	170	340	57	2900	14	39	14	60	17	38	1.3
25	106	400	38	1450	13	37	11	35	15	27	0.8

Продовження таблиці 2

C_2 м/с	Q, м ³ /с	H, м	h, м	η_o , %	B, МПа	M, МПа	Z, м	$\square Q$, л/с	$\square N$, %	η_o , %
20	1.2	30	2.0	97	0.05	0.3	0.5	60	2	90
50	1.4	35	3.5	95	0.04	0.35	1.5	65	4	91
40	1.6	25	3.0	96	0.03	0.25	1	70	5	92
50	0.5	24	3.0	97	0.02	0.30	2	25	3	93
30	0.3	40	3.5	95	0.04	0.50	2.5	15	1	94
60	0.6	15	2.0	96	0.02	0.4	0.5	30	3	95
60	1.4	46	3.0	95	0.05	0.2	2.5	65	4	90
30	0.2	20	2.5	96	0.02	0.7	1.5	10	3	91
40	0.1	30	2.5	95	0.03	0.3	2	5	2	92
20	0.5	70	7.0	96	0.02	0.35	1	25	5	93
60	0.3	30	3.0	95	0.05	0.25	2	15	2	94
50	0.6	35	3.0	95	0.03	0.15	0.5	30	3	95
40	0.6	60	6.2	96	0.04	0.45	2.5	30	4	90
30	0.2	45	5.7	95	0.05	0.46	1	10	2	91
20	0.4	15	2.0	94	0.04	0.2	2.5	20	5	92
40	0.1	45	3.5	95	0.02	0.3	1.5	5	3	93
20	1.4	62	6.5	95	0.03	0.3	2	65	2	94
60	1.6	45	3.5	97	0.05	0.35	1	70	3	95
500	0.2	50	4.2	94	0.02	0.6	1.5	10	2	90
40	0.4	80	7.5	96	0.04	0.45	2.5	20	4	91
30	0.7	15	2.0	95	0.03	0.15	1.5	35	5	92
30	1.0	17	2.5	95	0.04	0.45	0.5	50	3	93
20	0.2	80	7.5	96	0.04	0.65	2	10	5	94
60	0.7	40	5.0	96	0.05	0.45	1	35	2	95
40	1.0	45	3.8	95	0.03	0.5	0.5	50	4	90

Приклади розв'язання типових задач

Перший тип задачі. Дано: $D_2'=200\text{мм}$, $D_2=500\text{мм}$. Збудувати область зміни переносної швидкості на виході із робочого колеса $U_2=f(n)$ при зміні діаметру від D_2' до D_2 .

Розв'язання

Переносна швидкість на виході із робочого колеса визначається залежністю

$$U_2 = \frac{\pi D_2 n}{60} \quad (2.1)$$

При

$$\frac{\pi D_2 n}{60} = K = \text{const}$$

Як видно з останньої формули, при постійному діаметрі залежність $U_2=f(n)$ буде описувати пряму, яка проходить через початок координат. Для діаметрів D_2' і D_2 одержимо дві прямі, які виходять з початку координат. Тоді область зміни переносної швидкості буде знаходитись між цими прямими (рис.2.1).

Другий тип задачі. Дано: $n=720$ об/хв., $U_2=12\text{м/с}$. Визначити діаметр робочого колеса насоса.

Розв'язання

Виходячи з формули (2.1), знаходимо

$$D_2 = \frac{60 U_2}{\pi \cdot n} \quad (2.2)$$

Підставляючи вихідні дані в формулу (2.2), одержимо

$$D_2 = \frac{60 \cdot 12}{3.14 \cdot 720} = 0.32\text{м}$$

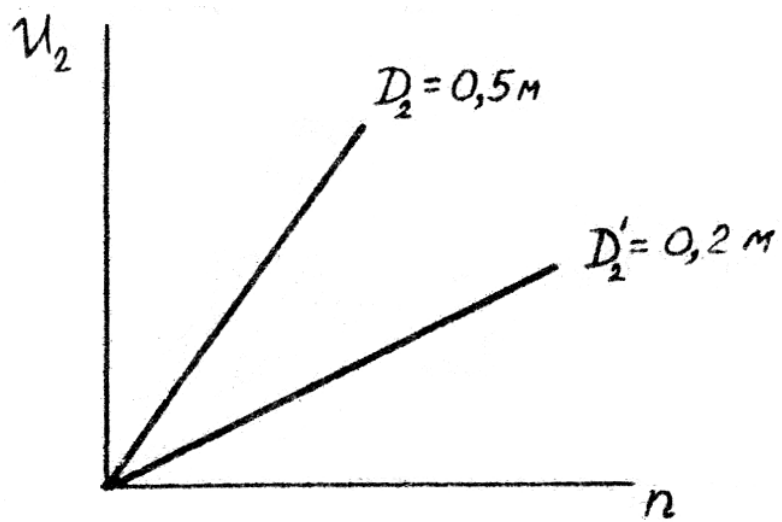


Рис. 2.1

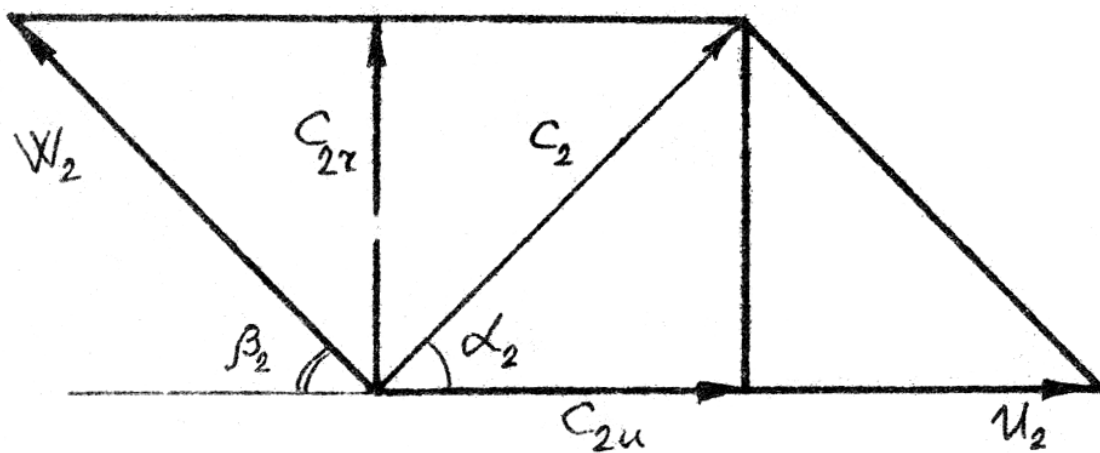


Рис. 2.2

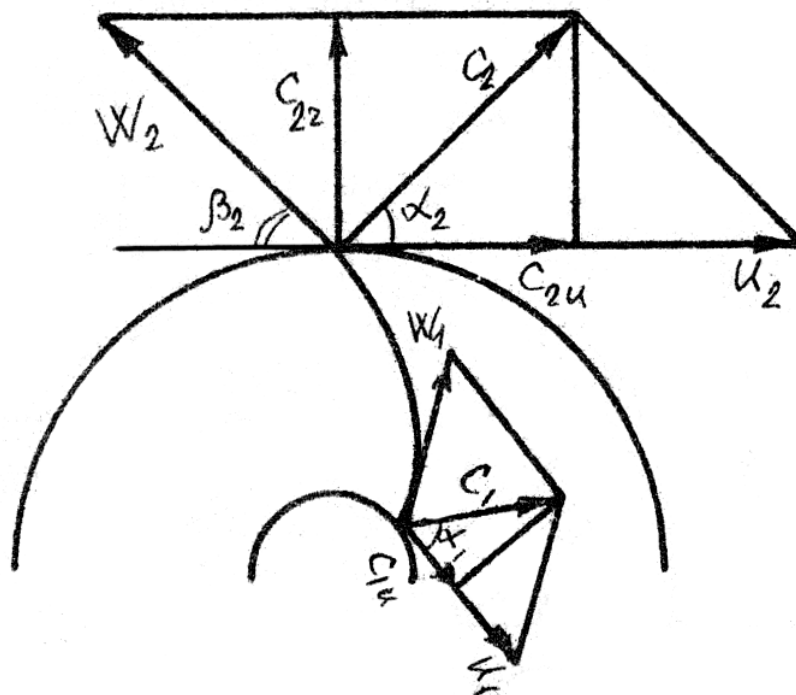


Рис. 2.3

Третій тип задачі. Дано: $D_2=400\text{мм}$, $U_2=14\text{ м/с}$. Визначити число обертів робочого колеса.

Розв'язання

Виходячи з формули $n = \frac{60(U_2)}{\pi \cdot D_2}$, знаходимо

$$n = \frac{60 \cdot 14}{3.14 \cdot 0.4} = 669 \text{ об/хв} \quad (2.3)$$

Підставляючи вихідні дані в формулу (2.3), одержимо

$$n = \frac{60 \cdot 14}{3.14 \cdot 0.4} = 669 \text{ об/хв}$$

Четвертий тип задачі. Дано: $D_2=200\text{мм}$, $b_2=20\text{мм}$, $n=720\text{ об/хв}$, $\Psi_2=0.9$, $\alpha_2=45^\circ$, $\beta_2=45^\circ$. Визначити теоретичну подачу насоса.

Розв'язання

Теоретична подача насоса

$$Q = \pi D_2 b_2 \Psi_2 C_{2r}, \quad (2.4)$$

де C_{2r} – радіальна складова абсолютної швидкості.

1.2 Швидкість C_2 можна знайти, якщо врахувати, що при кутах $\alpha_2=\beta_2=45^\circ$ (рис. 2.2) $C_2=W_2$. Тоді висота трикутника рівна C_{2r} і буде також медіаною. Отже,

$$C_{2r} = U_2 / 2 = \pi \cdot D_2 \cdot n / (60 \cdot 2) = 3.14 \cdot 0.2 \cdot 720 / 120 = 3.76 \text{ м/с}$$

Теоретична подача насосу

$$Q = 3.14 \cdot 0.2 \cdot 0.02 \cdot 0.9 \cdot 3.76 = 0.0425 \text{ м}^3 / \text{с}$$

П'ятий тип задачі. Визначити теоретичний напір насоса, коли відомо, що $D_2=0.3\text{м}$, $D_1=0.1\text{м}$, $n=1200\text{об/мин}$, $\alpha_1=60^\circ$, $\alpha_2=45^\circ$, $\beta_2=45^\circ$, $C_1=1.5\text{м/с}$.

Розв'язання

Теоретичний напір (паралелограми швидкостей на вході і на виході з робочого колеса приведені на рис. 2.3)

$$H = (U_2 C_{2n} - U_1 C_{1u}) / g \quad (2.5)$$

Переносна швидкість визначається залежністю

$$U = \pi D n / 60$$

Тоді

$$U_2 = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 1200 / 60 = 18,84 \text{ м/с}$$

$$U_1 = 3,14 \cdot 0,1 \cdot 1200 / 60 = 6,28 \text{ м/с}$$

Як і в попередній задачі

$$C_{2u} = C_{2r} = U_2 / 2 = 18,84 / 2 = 9,42 \text{ м/с.}$$

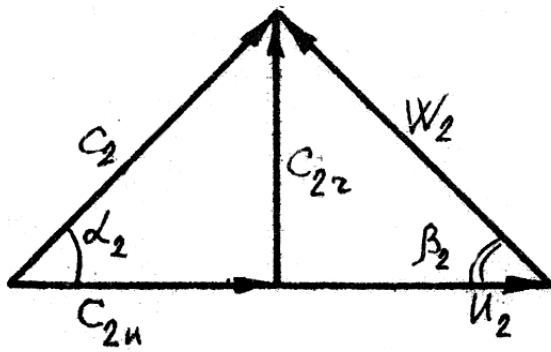
Проекція абсолютної швидкості на переносну на вході в робоче колесо дорівнює

$$C_{1u} = C_1 \cos \alpha_2 = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75 \text{ м/с}$$

Підставляючи одержані значення для швидкостей в рівняння, знайдемо

$$H = (18,84 \cdot 9,42 - 6,28 \cdot 0,75) \cdot 9,8 = 17,61 \text{ м/с,}$$

на виході



на вході

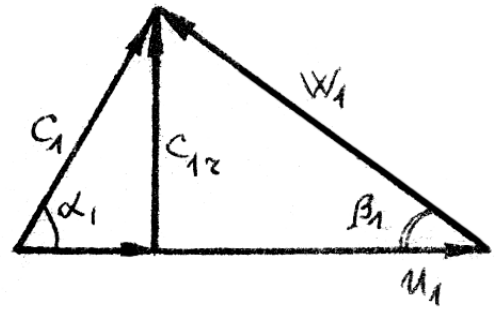


Рис. 2.4

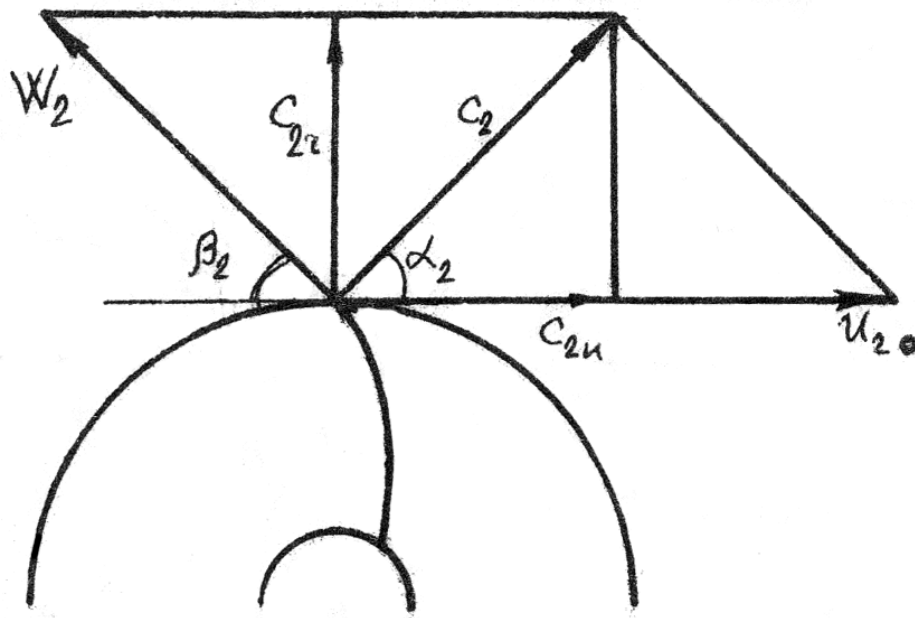


Рис. 2.5

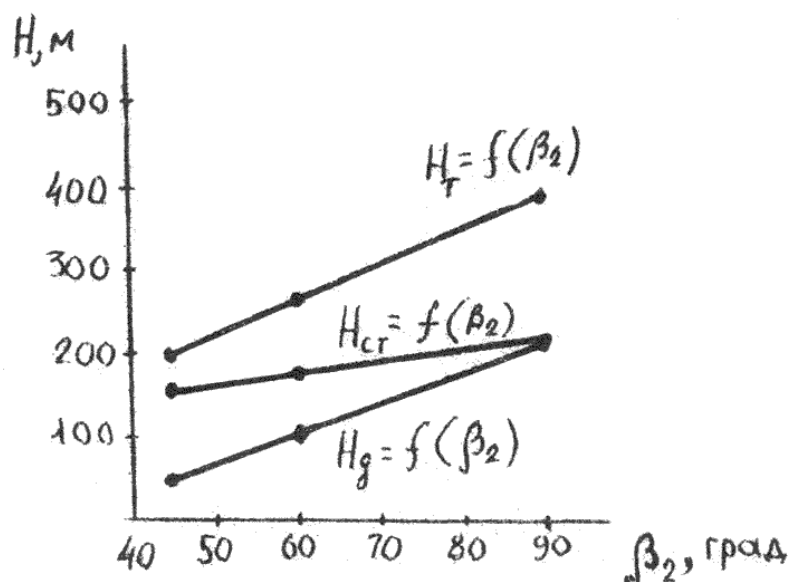


Рис. 2.6

Література

1. Шевченко Т.О., Ярошенко Ю.В. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник. Харків : нац. ун-т міськ. госва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2015. 195 с URL : <https://core.ac.uk/reader/33755331>.
2. Новохатній В.Г. Надійність водопостачання малих населених пунктів. П. ПНТУ, 2019. 102 с. URL : <https://www.twirpx.com/file/3063065/>.
3. Епоян С.М. Применение центробежных устройств при подготовке питьевой воды из поверхностных источников / С.М. Епоян, А.С. Карагяур, С.П. Бабенко. – Х. ХНУСА, 2016. – 168 с.
4. Холоменюк М. В., А.В. Ткачук А. В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини: навч. посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 356 с.
5. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, компресори): підручник. Львів: Вища школа, 2005. 338 с.