

Практичне заняття №1

Тема: Відцентровані насоси. Рішення задач. Визначення напору, витрати, потужності, ККД відцентрованих насосів.

Мета роботи: Навчитись визначати основні параметри, які характеризують роботу насоса, одиниці вимірювання.

Питання до теми :

1. Напишіть основне рівняння відцентрованого насоса – рівняння Ейлера, поясніть його фізичний зміст.
2. Напишіть формулу витрати відцентрованого насоса, формулу потужності та ККД.
3. Від яких факторів залежить висота всмоктування рідини насосами? Що називається кавітацією, суть цього явища. Засоби усунення кавітації.
4. В яких одиницях вимірюється витрата насоса, напір насоса, потужність та ККД?
5. Напишіть формули, за якими визначається напір діючої насосної установки та проектуючої.

Задача № 1

Насос подає воду по трубопроводу діаметром $d=120$ мм. На висоту $H=25$ м. Визначити ККД насоса, коли споживана потужність $N=8$ кВт, витрата $Q=70$ м³/год, повний коефіцієнт опору труби дорівнює $(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta) = 25$

Задача №2

Визначити потужність насоса, який подає воду в кількості $Q=100$ м³/год за показів манометра і вакуумметра відповідно $P_m=245$ кПа; $P_v=49$ кПа. Прийняти швидкість руху в нагнітальному і всмоктувальному патрубках однаковою, а ККД насоса.
 $\eta=0,8$

Задача №3

Визначити корисну потужність насоса, якщо на його напірному патрубку манометр показує тиск $P_m=1$ МПа, вакуумметр на всмоктувальному патрубку $P_v=50$ кПа, а відстань по вертикалі між точкою приєднання вакуумметра і центром манометра $z=0,5$ м. Діаметри всмоктувального та напірного патрубків однакові, подача води $Q=15$ дм³/с.

Задача №4

Висота всмоктування насоса $H_v=2,77$ м. Подача насоса $Q=100$ л/с при температурі води $t=20^\circ\text{C}$. Діаметр всмоктувальної труби $d=260$ мм, а довжина її $l=15$ м (труба стара чавунна з шорсткістю $\Delta\epsilon=1,3$ мм). Сумарний коефіцієнт місцевих опорів $\Sigma\zeta=11,4$. Визначити максимальну з точки зору недопущення кавітації частоту обертання колеса. Коефіцієнт $C=1200$.

Інформація до розв'язання

Задача 1.

Дано:

$$H=25 \text{ м}$$

$$N=8 \text{ кВт}$$

$$Q=70 \text{ м}^3$$

$$d=120 \text{ мм}$$

$$\left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \Sigma\zeta\right) = 25$$

$$\eta - ?$$

Коефіцієнт корисної дії насоса визначаємо за формулою:

$$\eta = \frac{N_{\pi}}{N}$$

N – споживана потужність 8 кВт

N_{π} – корисна потужність визначається за формулою

$$N_{\pi} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102}$$

γ – питома вага води 1000 кг/м^3

Q – витрата води $70 \text{ м}^3/\text{год}$

H – напір, який розвиває насос

$H = H_{г.в} + h_v + H_{г.н} + h_n$

$H_{г.в} + H_{г.н} = 25 \text{ м}$

Втрати напору в трубопроводі визначається за формулою $h_w = h_v + h_n$

h_v – втрати напору у всмоктувальному трубопроводі

h_n – втрати напору в напірному трубопроводі

$$h_w = \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2g};$$

$$v = \frac{Q}{w}$$

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,12^2}{4} = 0,011 \text{ м}^2$$

$$H = 25 + 3,99 = 28,99 \text{ м} \approx 29 \text{ м}$$

$$N = \frac{1000 \cdot 0,011 \cdot 29}{102} = 5,4 \text{ кВт}$$

$$\eta = \frac{5,4}{8} = 0,67$$

Задача 2.

Дано:

$P_M = 1 \text{ МПа}$

$P_B = 50 \text{ кПа}$

$Z = 0,5 \text{ м}$

$Q = 15 \text{ дм}^3/\text{с} = 15 \text{ л/с}$

$N_p = ?$

Рішення

Запишемо формулу за якою визначається корисна потужність насоса

$$N_p = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102} \text{ кВт}$$

З цієї формули бачимо, що необхідно визначити напір, який розвиває насос.

Переведемо показники манометра і вакуумметра в метри водяного стовпа

$$50 \text{ кПа} = 50000 \text{ Н/м}^2 = 5000 \text{ кг/м}^2$$

$$V = \frac{P_v}{\gamma} = \frac{5000}{1000} = 5 \text{ м}$$

$$1 \text{ МПа} = 1000000 \text{ Н/м}^2 = 100000 \text{ кг/м}^2$$

$$M = \frac{P_M}{\gamma} = \frac{1000000}{1000} = 100 \text{ м}$$

Напишемо формулу за якою визначається напір, який розвиває насос маючи показники манометра і вакуумметра.

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

$$H = 100 + 5 + 0,5 = 105,5 \text{ м.}$$

Так як діаметри всмоктувального та напірного патрубків однакові, то $V_1 = V_2$
Визначаємо корисну потужність насоса

$$N_{\text{п}} = \frac{1000 \cdot 0,015 \cdot 105,5}{102} = 15,5 \text{ кВт}$$

Задача 3

Дано:

$$P_{\text{м}} = 1 \text{ МПа}$$

$$P_{\text{в}} = 50 \text{ кПа}$$

$$Z = 0,5 \text{ м}$$

$$Q = 15 \text{ дм}^3/\text{с} = 15 \text{ л/с}$$

$$N_{\text{п}} - ?$$

Рішення

Запишемо формулу за якою визначається корисна потужність насоса

$$N_{\text{п}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102} \text{ кВт}$$

З цієї формули бачимо, що необхідно визначити напір, який розвиває насос.
Переведемо показники манометра і вакуумметра в метри водяного стовпа

Задача 4

Дано:

$$H_{\text{в}} = 2,77 \text{ м}$$

$$C = 1200$$

$$\Sigma \zeta = 11,4$$

$$Q = 100 \text{ л/с}$$

$$t = 20^\circ \text{C}$$

$$d_{\text{вс}} = 260 \text{ мм}$$

$$l_{\text{вс}} = 15 \text{ м}$$

$$\Delta l = 1,3 \text{ м}$$

$$n - ?$$

Запишемо формулу С.С. Руднєва для визначення допустимого кавітаційного запасу:

$$\Delta h_{\text{к}} = 1,3 \cdot 10 \left(\frac{n \sqrt{Q}}{C} \right)^{\frac{4}{3}} ;$$

З цієї формули можна визначити частоту обертання насосного колеса. Одним з важливих параметрів насосної установки є висота всмоктування.

$$H_{\text{вс}} = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - \Delta h_{\text{к}} - \Sigma h_{\text{вс}} ;$$

P_s - тиск насиченої пари;

P_1 -атмосферний тиск (98100 Па).

Визначимо втрати напору на всмоктувальному трубопроводі. Вони складаються з втрат по довжині труби та з місцевих втрат.

$$h_{вс} \approx h_l + h_m;$$

$$80,6 = 2197 \cdot \frac{n^{4,0,01}}{(12 \cdot 10^2)^4};$$

$$n = \frac{80,6 \cdot 20736 \cdot 10^8}{2197 \cdot 0,01};$$

$$n = 76073 \cdot 10^8;$$

$$n = 16,6 \cdot 10^2;$$

$$n = 1660 \text{ хв}^{-1}.$$

Практичне заняття №2

Тема: . Вивчення конструкції відцентрованого насоса. Розбирання та складання насосів.

Мета роботи: 1. Вивчити конструкцію крильчатих насосів.
2. Скласти принципову схему насоса, ескізу робочого колеса, зняти основні його розміри і визначити марку насоса.

Обладнання: робочі колеса відцентрових насосів.

Методичні вказівки

Насосом називається гідравлічна машина, яка перетворює механічну енергію двигуна в енергію перекачування рідини. В гідравлічному двигуні відбувається перетворення енергії і потоку рідини в механічну енергію на вихідному валу двигуна .

Всі насоси за принципом дії, тобто за способом передачі рідині механічної енергії, поділяються на дві групи: динамічні (крильчасті) і об'ємні (насоси витіснення). До першої належать: відцентровані, діагональні, осьові та вихрові; до другої – поршневі та роторні насоси.

Вони використовуються для різноманітних цілей, починаючи від водопостачання і закінчується подачею палива в двигунах ракет.

Провести демонтаж насоса, розглянути його будову. При вивченні насоса необхідно звернути увагу на: марку насоса, діапазон подач і напорів, частоту обертання робочого колеса; основні вузли насоса (робоче колесо, корпус, вал насоса, підшипники, сальники); мастило, зборку насоса. Проаналізувати правильність монтажу насоса, з'ясувати неполадки і методи їх ліквідації. З'ясувати, як здійснюється регулювання рідини насосом. Марку насоса рекомендується визначати за каталогам, використовуючи при цьому діаметр робочого колеса D_2 та діаметр вхідного патрубку $D_{вх}$. По марці насоса визначити частоту обертання робочого колеса, витрату і напір (при максимальному значенні ККД).

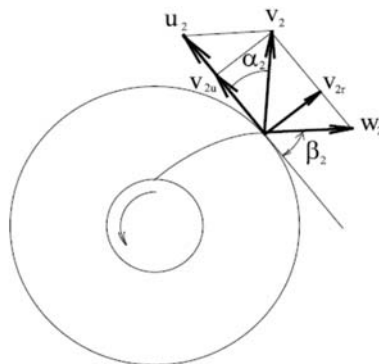


Рисунок 1 - Робоче колесо з загнутими назад лопатками

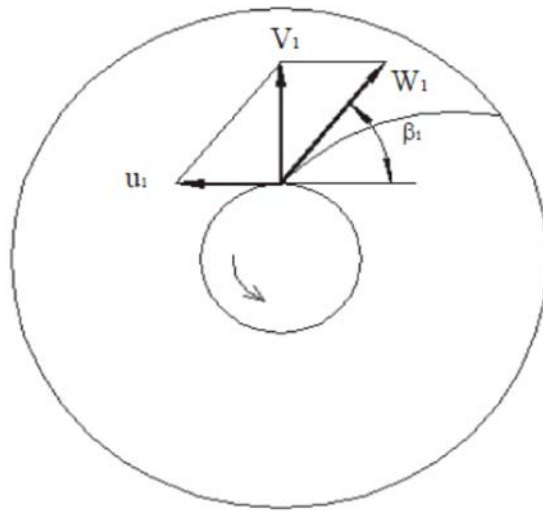


Рисунок 2 – Розподіл швидкостей при радіальному вході рідини на робоче колесо

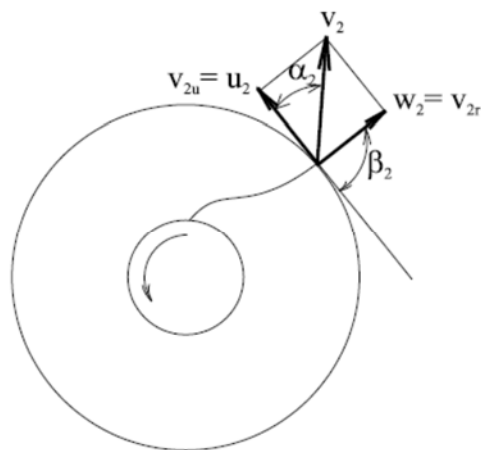


Рисунок 3– Лопатки з радіальним виходом

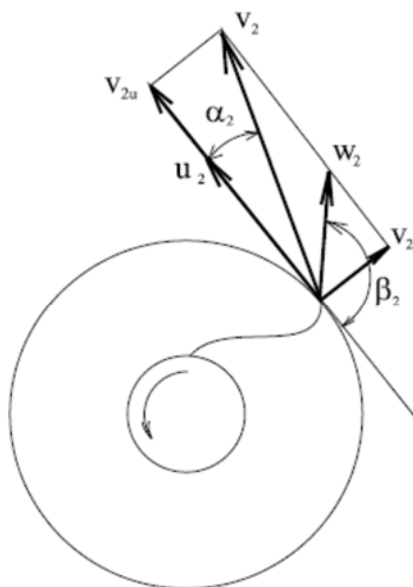


Рисунок 4 – Робоче колесо із загнутими вперед лопатками

Результати замірів занести до таблиці.

№ з/п	Вимірювальні величини	Одиниці вимірювання	Насос 1	Насос 2
1	Тип робочого колеса			
2	Діаметр робочого колеса на вході D_1	мм		
3	Діаметр робочого колеса на вході D_2	мм		
4	Кількість крил робочого колеса			
5	Кут β_2			
6	Діаметр вала d	мм		
7	Марка насоса			
8	Подача, л/с	л/с		
9	Подача, м ³ /год	м ³ /год		
10	Напір, м	м		

Контрольні питання

1. Від чого залежить витрата насоса?
2. Як визначити коефіцієнт корисної дії насоса?
3. Як впливає повітря на роботу насоса?

Практичне заняття

Тема : Визначення робочих параметрів вихрових насосів

Мета роботи : навчитись визначати робочі параметри вихрових насосів.

Питання до теми :

1. Принцип дії вихрових насосів.
2. Особливості напору, подачі та ККД вихрових насосів.
3. Області застосування вихрових насосів.
4. Типи робочих колес вихрових насосів.

Задача №1

Знайти напір, який розвиває вихровий насос, якщо діаметр робочого колеса D , частота обертання n , а коефіцієнт ψ .

Задача №2

Знайти корисну теоретичну потужність вихрового насосу, якщо відоме Q , а H_m прийняти з попередньої задачі.

Задача №3

Напір H та діаметр D вихрового насосу такий, як в першій задачі. Ширина робочого колеса дорівнює B . Знайти повну поперечну силу P_n .

Задача №4

Знайти подачу вихрового насосу, якщо теоретичний напір дорівнює H_m , а теоретична потужність N_m .

Таблиця 1 – Завдання до практичного заняття 2

Варіант	D, мм	n, об/хв	ψ	Q, л/с	B, мм	Hт, м	Nт, кВт
1	330	730	3,9	3	44	35	12
2	435	960	3,6	5	40	55	13
3	270	1450	4,1	6	30	125	8
4	390	2000	3,3	5	29	145	14
5	385	730	3,9	11	39	235	6
6	110	960	3,4	11	47	130	3
7	115	1450	3,8	10	27	100	13
8	130	2000	3,8	9	36	200	13
9	410	730	3,8	7	31	170	2
10	390	960	4,1	11	41	35	2
11	230	1450	3,5	5	35	50	2
12	395	2000	4	11	43	140	6
13	425	730	4,1	8	43	95	24
14	165	960	3,4	5	45	170	4
15	220	1450	3,6	9	30	50	2
16	405	2000	4	6	27	75	23
17	365	730	3,8	9	30	75	16
18	460	960	4,4	4	47	85	3
19	345	1450	4,3	5	45	180	10
20	385	2000	3,7	3	48	230	7
21	435	730	3,9	4	29	145	4
22	350	960	3,5	11	48	105	13
23	395	1450	3,5	3	36	95	1
24	110	2000	3,4	6	40	170	3
25	390	730	3,9	8	48	100	21

Інформація до розв'язання

Задача 1.

Дано: $D = 390$ мм, $n = 730$ об/хв, $\Psi = 3,9$.

Переносна швидкість на виході із робочого колеса визначається залежністю:

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

$$U = \pi \cdot 0,39 \cdot 730 / 60 = 14,91 \text{ м/с.}$$

Напір вихрового насоса розраховується за формулою:

$$H = \psi \cdot U^2 / (2 \cdot g)$$

$$H = 3,9 \cdot 14,91^2 / (2 \cdot 9,81) = 44,17 \text{ м.}$$

Задача 2.

Дано: $Q = 8$ л/с, $H_t = 44,17$ м.

Корисна теоретична потужність вихрового насосу визначається за формулою:

$$N_m = \rho g Q H_m$$

$$N_m = 998,2 \cdot 9,81 \cdot 0,008 \cdot 44,17 = 3460,3 \text{ Вт}$$

Задача 3.

Дано: $H_t = 44,17$ м, $D = 390$ мм, $B = 48$ мм.

Колесо працюючого вихрового насоса навантажено повздовжньою та поперечною силами, які передаються на вал. Повна поперечна сила знаходиться за формулою:

$$P_n = \rho g H B D / 2$$

$$P_n = 998.2 \cdot 9.81 \cdot 44.17 \cdot 0.048 \cdot 0.39 / 2 = 4049 \text{ Н.}$$

Задача 4.

Дано: $H_T = 100 \text{ м}$, $N_T = 21 \text{ кВт}$.

Подачу вихрового насосу можна знайти із формули для знаходження потужності:

$$N_m = \rho g Q H_m$$

Звідси

$$Q = N_m / (\rho g H_m)$$

$$Q = 21000 / (998.2 \cdot 9.81 \cdot 100) = 21.445 \text{ л/с.}$$

$$h_{вс} = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} + \Sigma \zeta \cdot \frac{V^2}{2g};$$

$$h_{вс} = \frac{V^2}{2g} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{1}{d} + \Sigma \zeta \right);$$

$$V = \frac{Q}{\omega} \rightarrow V = \frac{0,1}{0,05} = 2 \text{ м/с};$$

ω - живий переріз потоку рідини ;

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 0,26^2}{4} = 0,05 \text{ м}^2;$$

λ -коефіцієнт гідравлічного тертя ,який залежить від режиму руху рідини .

Визначаємо рух рідини, розраховуючи число Рейнольда:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} \rightarrow Re = \frac{200 \cdot 26}{0,01} = 520000;$$

Режим руху рідини турбулентний, коефіцієнт Дарсі для турбулентного режиму визначається за формулою Альштуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta \epsilon}{d} \right)^{0,25};$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{520000} + \frac{1,3}{260} \right)^{0,25} = 0,03;$$

$$h_{вс} = \frac{V^2}{19,6} \cdot \left(0,03 \cdot \frac{15}{0,26} + 11,4 \right) = 2,68 \text{ м};$$

Визначаємо Δh_g – допустимий кавітаційний запас.

$$2,77 = \frac{98100 - 2400}{998 \cdot 9,81} - \Delta h_g - 2,68;$$

$$\Delta h_g = 9,77 - 2,77 - 2,68 = 4,43 \text{ м};$$

$$4,32 = 13 \left(\frac{n \cdot \sqrt{0,1}}{1200} \right)^{\frac{4}{3}};$$

$$4,32^3 = \left(13^3 \sqrt{\left(\frac{n \cdot \sqrt{0,1}}{1200} \right)^4} \right)^3;$$

$$80,6 = 13^3 \left(\frac{n \cdot \sqrt{0,1}}{1200} \right)^4;$$

$$80,6 = 13^3 \cdot \frac{n^4 \cdot \sqrt{0,1}^4}{1200^4};$$

Практичні заняття № 8

Тема: Вентилятори. Рішення задач. Визначення технічних параметрів вентилятора.

Мета роботи: Вивчити конструкцію вентиляторів, розглянути їх сферу використання. Навчатися визначати технічні параметри, які характеризують роботу вентилятора.

Питання до теми:

1. Які гідравлічні машини називаються вентиляторами?
2. На які типи поділяються вентилятори за коефіцієнтом швидкості?
3. Як поділяються вентилятори залежно від тиску?
4. Як позначається тип вентилятора?
5. Назвіть приклади з'єднання вентиляторів з електродвигунами.
6. Які вентилятори називаються правими, а які – лівими?
7. Як позначається положення корпусу вентилятора?
8. Назвіть формулу, яка поєднує густину газу зі зміною температури та тиску,
9. Назвіть формули за якими визначаються ККД, потужність N вентилятора.

Задача №1

Повний ККД вентилятора становить 0,55, а споживана ним потужність – 25,9 кВт. Яка буде його подача за тиску, якому відповідає напір 150 мм вод. ст.?

Задача №2

Визначити потужність N вентилятора, якщо він переміщує повітря з порошком при подачі $Q = 5000 \text{ м}^3/\text{год}$, втраті тиску в мережі $p_n = 1200 \text{ Па}$ і масовій концентрації суміші $\mu = 0,2$. ККД вентилятора $\eta = 0,71$.

Задача №3

Визначити ККД η_c і потужність N_c на валі вентилятора, призначеного для транспортування тирси, якщо для чистого повітря його подача $Q = 6300 \text{ м}^3/\text{год}$, тиск $p = 1700 \text{ Па}$, ККД $\eta = 0,7$. Масова концентрація суміші $\mu = 0,23$.

Задача №4

Димотяг призначений для подачі димових газів в кількості $24,2 \text{ м}^3/\text{с}$ і тискові 3800 Па. Концентрація золи у газі $\mu = 0,01$, дослідні коефіцієнти $k_p = 0,45$, $k_N = 1,7$, ККД $\eta = 0,69$. Визначені режимні параметри p_r , N_r , η_r при роботі димотяга на чистому газі. Густина димових газів $\rho = 0,92 \text{ кг/м}^3$.

Інформація до розв'язання

Задача №1

Повний ККД вентилятора становить 0,55, а споживана ним потужність- 25,9 кВт. Яка буде його почата за тиску, якому відповідає напір 150 мм вод.ст.?

Рішення

ККД вентилятора визначається за формулою:

$$\eta = \frac{N_k}{N}$$

N_k - корисна потужність ;

$$N_k = N \cdot \eta$$

Оскільки корисна потужність дорівнює $\rho g Q H$, то $\rho g Q H = N \eta$, звідки подача вентилятора:

$$Q = \frac{N \cdot \eta}{\rho \cdot g \cdot H} = \frac{0,55 \cdot 25,9 \cdot 10^3}{1471,5} = 9,68 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тиску $\rho = 1471,5$ Па відповідає 150 мм вод.ст., тому що

$$p = \rho \cdot g \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,15 = 1471,5 \text{ Па.}$$

Задача №2

Дано:

$$Q = 5000 \text{ м}^3/\text{год} = 1,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$P_c = 1200 \text{ Па}$$

$$\mu = 0,2$$

$$\text{ККД} = 0,71$$

$$N - ?$$

Рішення

Потужність вентилятора N_c , який переміщує повітря з пороховою визначається за формулою:

$$N_c = (1 + \mu) \cdot N_r$$

N_r – потужність вентилятора, який переміщує чистий газ.

$$N_r = \frac{Q \cdot P_r}{\eta \cdot 1000} ;$$

P_r – втрати тиску в мережі при роботі на чистому газі визначаємо з формули:

$$P_r = \frac{P_c}{1 + k\mu} ; k = 1 ;$$

$$P_r = \frac{1200}{1 + 1 \cdot 0,2} = 1000 \text{ Па;} ;$$

$$N_r = \frac{1,4 \cdot 1000}{0,71 \cdot 1000} = 1,97 \text{ кВт;} ;$$

$$N_c = (1 + 0,2) \cdot 1,97 = 2,36 \text{ кВт.}$$

Задача №3

Дано:

$$Q = 6300 \text{ м}^3/\text{год чистого повітря } 1,75 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$P = 1700 \text{ Па чистого повітря}$$

$$\text{ККД} = 0,7$$

$$\mu = 0,23$$

$$\eta_c - ? \quad N_c - ?$$

Рішення

Потужність вентилятора який працює на чистому повітрі, визначається за формулою:

$$N_r = \frac{P_r \cdot Q_r}{\eta_r \cdot 1000}$$

$$N_r = \frac{1700 \cdot 1,75}{0,7 \cdot 1000} = 4,25 \text{ кВт}$$

Потужність вентилятора N_c , який транспортує тирсу визначається за формулою:

$$N_c = (1 + \mu) \cdot N_r$$

$$N_c = (1 + 0,23) \cdot 4,25 = 5,23 \text{ кВт}$$

ККД вентилятора, який перекачує суміш:

$$\eta_c = \eta_r \frac{1 - k_p \cdot \mu}{1 + k_N \cdot \mu};$$

$$k_p = 0,3; \quad k_N = 1,6$$

$$\eta_c = 0,7 \frac{1 - 0,3 \cdot 0,23}{1 + 1,6 \cdot 0,23} = 0,48 \text{ кВт.}$$

Задача №4

Дано:

$$Q = 24,2 \text{ м}^3/\text{с димовий газ}$$

$$P_c = 3800 \text{ Па}$$

$$\rho = 0,92 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 0,01$$

$$k_p = 0,45$$

$$k_N = 1,7$$

$$\eta_c = 0,69$$

$$P_r - ? \quad N_r - ? \quad \eta_r - ?$$

Рішення

Втрати тиску в мережі при роботі на чистому газі визначаємо за формулою:

$$P_r = \frac{P_c}{1 - k_{\mu}}$$

$$P_r = \frac{3800}{1 - 0,45 \cdot 0,01} = 3817,17 \text{ Па}$$

ККД димотяга, який подає чистий газ визначаємо з формули η_c :

$$\eta_c = \eta_r \frac{1 - \kappa_P \cdot \mu}{1 + \kappa_N \cdot \mu}$$

$$\eta_r = \frac{\eta_c}{\frac{1 - \kappa_P \cdot \mu}{1 + \kappa_N \cdot \mu}} = \frac{0,69}{\frac{1 - 0,45 \cdot 0,01}{1 + 1,7 \cdot 0,01}} = 0,7$$

Визначаємо потужність димотяга, який працює на димових газах:

$$N_c = \frac{P_c \cdot Q}{\eta_c \cdot 1000} = \frac{3800 \cdot 24,2}{0,69 \cdot 1000} = 133 \text{ кВт}$$

Визначаємо густину чистого газу

$$\rho_r = \frac{\rho_c}{1 + \mu} = \frac{0,92}{1 + 0,01} = 0,91 \text{ кг/м}^3$$

Визначаємо потужність димотяга, при роботі на чистому газі

$$\frac{N_c}{N_r} = \frac{\rho_c}{\rho_r}$$

$$N_r = \frac{N_c \cdot \rho_r}{\rho_c} = \frac{133 \cdot 0,91}{0,92} = 131,5 \text{ кВт}$$