

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПГМ

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему

Вільновихровий насос ВВН 80-16

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика»)

Виконавець роботи _____
(підпис)

Ткаченко О. О.
(прізвище, ініціали)

Керівник _____
(підпис)

Ігнат'єв О. С.
(прізвище, ініціали)

Суми 2020

Міністерство освіти і науки України
 Сумський державний університет
 Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
 Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

Спеціальність 8.131 – Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПГМ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до кваліфікаційної роботи магістра

Ткаченко Олексій Олексійович

(прізвище, ім 'я , по батькові)

1. Тема роботи: Вільновихровий насос ВВН 80-16

затверджена наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін здавання студентом закінченої роботи 12.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Q= 80 м³/год; Н=16 м; густина рідини $\rho=1075$ кг/м³

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вільновихрові насоси, призначення і область застосування; опис і обґрунтування обраної конструкції насоса; гідравлічні розрахунки: проточної частини, осьової і радіальної сил; розрахунки на вибір підшипників; розрахунки на вибір двигуна; економічна частина; розділи охорони праці; висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) монтажне креслення агрегату, складальне креслення насоса, креслення робочого колеса, (презентація)

6. Консультанти з роботи, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор	Назва етапу кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапу роботи	Примітка
1.	Підбір матеріалів по темі магістерської роботи	22.09-27.09. 2020 р.	
2.	Вільновихрові насоси, призначення та область застосування	28.09-30.09. 2020 р.	
3.	Обґрунтування вибору конструкції насоса	01.10-04.10. 2020 р.	
4.	Опис конструкції насоса. Виконання розділів практики.	05.10- 11.10.2020 р.	
5.	Складання звіту з переддипломної практики.	12.10-18.10.2020 р.	
6.	Розроблення насосного агрегату ВВН 80-16: гідравлічні розрахунки	19.10-25.10.2020 р.	
7.	Розрахунки на вибір підшипників. Розрахунки на вибір двигуна. Монтажне креслення агрегату.	26.10-03.11.2020 р.	
8.	Складальне креслення насоса, креслення робочого колеса. Економічна частина.	04.11-29.11.2020 р.	
9.	Розділ охорони праці.	30.11-03.12. 2020 р.	
10.	Оформлення РПЗ, графічних матеріалів та розробка презентації	04.12-12.12.2010 р.	

Дата видачі завдання « 22 » 09 2020 р.

Студент _____ Ткаченко О. О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник _____ Ігнат'єв О. С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 44 с., 6 рисунків, 2 таблиці, 12 літературних джерел.

Тема магістерської роботи – «Вільновихровий насос ВВН 80-16».

Графічні матеріали: 4 листа формату А4 (презентація) – монтажне креслення агрегату, складальне креслення насоса, креслення робочого колеса, креслення деталі.

Мета роботи – вибір конструкції вільновихрового насоса й розроблення насоса типу ВВН 80-16 для перекачування забруднених рідин.

Згідно з поставленою метою було:

- обґрунтовано й вибрано конструкцію насоса;
- наведений опис конструкції;
- проведені гідравлічні розрахунки;
- вибрані кінцеве ущільнення й двигун насоса;
- виконані механічні розрахунки.

Розроблена конструкція насоса ВВН 80-16.

У розділі охорони праці проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей проектуваного агрегату й заходи щодо їхнього усунення.

В економічному розділі розглянута система технічного обслуговування й ремонту встаткування.

Складена презентація.

Ключові слова: ВІЛЬНОВИХРОВИЙ НАСОС, КОНСТРУКЦІЯ, ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ, МЕХАНІЧНІ РОЗРАХУНКИ, ПІДШИПНИК, ДОВГОВІЧНІСТЬ.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	
РЕФЕРАТ	
ВСТУП.....	6
1 ПРИЗНАЧЕННЯ Й ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ	8
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАСОСА.....	9
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАСОСА.....	10
3.1 Опис конструкції насоса.....	10
3.2 Обґрунтування обраної конструкції.....	11
4 РОЗРАХУНКИ ГІДРАВЛІЧНІ	12
4.1 Розрахунки проточної частини насоса	12
4.2 Визначення діаметра вала	17
4.3 Розрахунки гідравлічної осьової сили.....	18
4.4 Розрахунки гідравлічної радіальної сили.....	22
5 РОЗРАХУНКИ НА ВИБІР ПІДШИПНИКІВ	23
5.1 Розрахунки навантажень на ротор.....	23
5.2 Визначення реакції в підшипникових опорах.....	24
5.3 Розрахунки довговічності підшипників.....	25
6 РОЗРАХУНКИ НА ВИБІР ДВИГУНА	27
6.1 Вибір двигуна	27
6.2 Побудова пускової моментної характеристики.....	27
7 СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ Й РЕМОНТУ	
ВСТАТКУВАННЯ.....	30
7.1 Основні поняття й визначення.....	30
7.2 Обслуговування й ремонт устаткування.....	33
8 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК І ШКІДЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТОВАНОГО АГРЕГАТУ Й	
ЗАХОДИ ЩОДО ЇХНЬОГО УСУНЕННЯ.....	37
ВИСНОВКИ.....	42
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	43

ВСТУП

Останнім часом у багатьох галузях народного господарства для гідротранспорту абразивних і легкоушкоджуваних речовин, гідросумішей, що містять тверді й волокнисті включення, газомістких рідин використовують вільновихрові насоси (ВВН) [1], які мають зручну в експлуатації конструкцію, високу надійність, довговічність роботи на гідросумішах і обумовлюють економічну ефективність їх застосування для транспортування різних твердих речовин і продуктів.

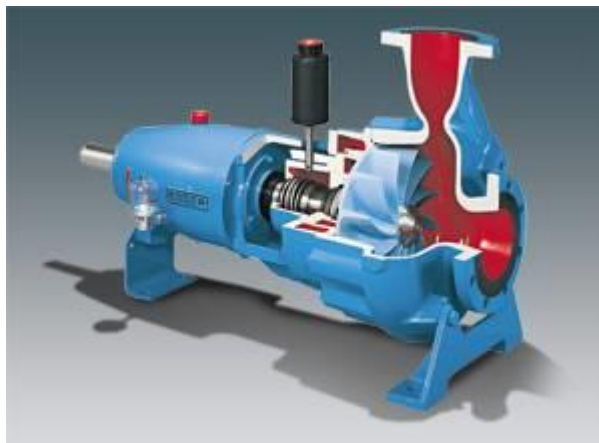


Рисунок 1 – Вільновихровий насос фірми EGGGER серії T [2]

ВВН – новий тип насосного встаткування, тому багато питань їх робочого процесу недостатньо вивчені й широко досліджуються в Україні й за рубежом.

По конструктивних ознаках і по характеру робочого процесу ВВН відрізняються від відцентрових і мають наступні особливості [1]:

- робоче колесо (РК) ВВН розташоване в ніші корпусу, що має вільну камеру, не пересічну обертовими деталями. Тому частина потоку рідини, що надходить у насос, проходить через вільну камеру, не стикаючись із лопатями робочого колеса;

- робочий обсяг ВВН – однозв'язний. Це означає, що будь-який замкнений контур, узятий усередині обсягу, може бути стягнутий у крапку без перетинання границь обсягу. У практиці використання насосів це означає, що волокна, зважені в рідині при перекачуванні забруднених і волокнистих сумішей, не можуть намотуватися на лопаті робочого колеса, засмічуючи його;
- у ВВН немає передніх ущільнень, отже, відсутні проблеми: зношування, засмічення, промивання й т.п..
- більш проста форма проточної частини знижує металоємність насоса, б'єгшує його складання, створює сприятливі умови для високого ступеня уніфікації.

Виконання робочих органів дозволяє з невеликими витратами робити ремонт на місці експлуатації.

Крім того, ВВН мають ряд позитивних властивостей: забезпечують високу надійність роботи при перекачуванні газоподібних сумішей зі змістом газу до 50 %, в'язких рідин, великих включень з розміром 0,8 напірного патрубка, мають високу усмоктувальну здатність (висота усмоктування 8 м) і мало чутливі до кавітації.

Основний недолік ВВН – низька економічність, яка в залежності від конструктивного типу й розмірів насоса становить 35-58 %.

Вільновихрові насоси широко застосовують у комунальному господарстві для перекачування фекальних рідин, ґрунтових і стічних вод, каналізаційного мулу; у сільському господарстві для гідротранспорту органічних добрив, картоплі, фруктів, риби; у харчовій промисловості для перекачування легкоушкоджуваних продуктів, соків, сиропів, а також у паперовій і хімічній промисловості для транспортування деревної маси, макулатури, полімерів, газоподібних рідин. Ці насоси також можна застосовувати при подача піску, ґрунту, гравію й других абразивних речовин.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ Й ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Насос консольний вільновихровий ВВН 80-16 призначений для перекачування побутових і промислових забруднених рідин, хімічно неагресивних мас, а також газовмістких рідин з водневим показником рН від 6 до 8,5; із густиною до 1075 кг/ м^3 , температурою $276\text{-}363 \text{ К}$ (90°C), зі змістом твердих часток до 20 % за обсягом, з максимальним розміром до 30 мм, при перекачуванні абразивних зважених часток зміст їх за обсягом не більш 1 % розміром до 5 мм і мікротвердістю не більш 9000 МПа.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАСОСА

Технічна характеристика насоса наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика насоса ВВН 80-16

Найменування показника	Значення показника
Подача, м	80
Напір, м	16
Частота обертання, об/хв	1450
Коефіцієнт корисної дії, %	50
Допустимий кавітаційний запас, м, не більш	4,5
Допустимий тиск на вході у насос, МПа	2,5
Зовнішні витоки, м ³ /с	5,5·10 ⁻⁷
Густина рідини, що перекачується, кг/ м ³	1075
Потужність насоса, кВт	9,8
Напруга, В	220/380
Частота струму, Гц	50
Корегований рівень звукової потужності, дБа, не більш	100
Наробіток на відмову, год, не менш	4000
Середній ресурс до капітального ремонту, год, не менш	16000
Термін служби, років, не менш	6

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАСОСА

3.1 Опис конструкції насоса

Насос ВВН 80-16 (рис. 3.1) - вільновихровий, горизонтальний, консольний з робочим колесом, розташованим у розточенні задньої стінки корпуса. Відмінна риса насоса - наявність вільної камери між колесом і передньою стінкою корпуса.

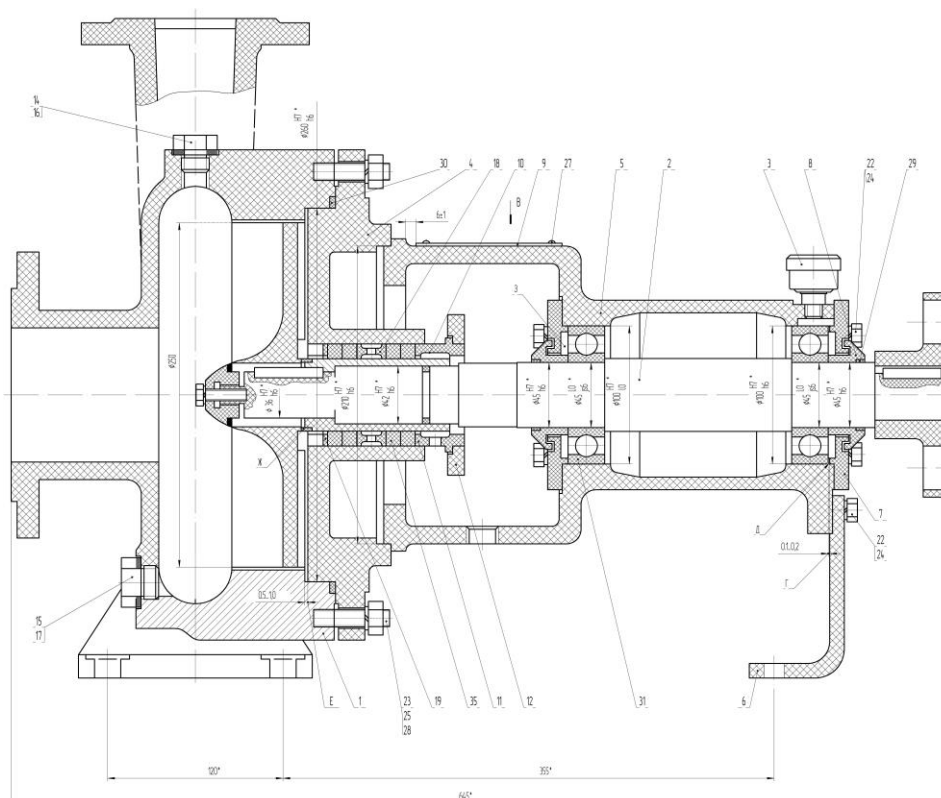


Рисунок 3.1 – Конструкція насоса ВВН 80-16

Базова деталь насоса - корпус із входним і напірним патрубками. Входний патрубок спрямований горизонтально по осі, напірний - вертикально нагору.

Кінцеве ущільнення насоса сальникового типу з м'яким набиванням.

Опорами ротора служать підшипники кочення. Змащення підшипників - консистентне. Привод насоса від асинхронного двигуна через сполучну втулочно-пальцеву муфту.

3.2 Обґрунтування обраної конструкції

Дане конструктивне рішення обумовлене підвищенням надійності роботи й зниженням засмічуваності проточної частини насоса при перекачуванні забруднених рідин із твердими включеннями.

4 РОЗРАХУНКИ ГІДРАВЛІЧНІ

Вибір оптимальних геометричних параметрів насоса ВВН 80-16.

При дослідженнях встановлено, що на енергетичні показники ВВН (напір і ККД) впливають співвідношення геометричних параметрів проточної частини.

4.1 Розрахунки проточної частини насоса

Розрахунки проводимо за методикою, викладеною в [1]. Основні геометричні розміри проточної частини показані на рис. 4.1.

1 Вихідні дані:

Подача $Q = 80$ м³/год;

Напір $H = 16$ м.

Частота обертання $n = 1450$ об/хв.

Густина $\rho = 1075$ кг/м³.

2 Визначаємо коефіцієнт швидкохідності насоса:

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}, \quad (4.1)$$

де n – частота обертання вала, об/хв.

Розрахуємо коефіцієнт швидкохідності насоса при $n = 1450$ об/хв:

$$n_s = \frac{3,65 \cdot 1450 \cdot \sqrt{80}}{60 \cdot [16]^{3/4}} = 98,6.$$

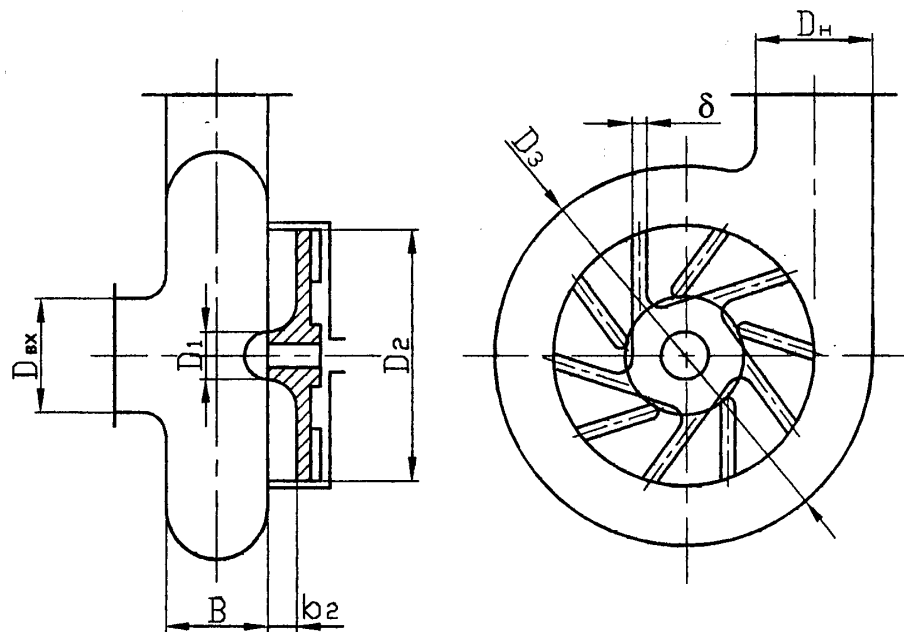


Рисунок 4.1 – Основні геометричні розміри проточної частини насоса

3 Задаємося співвідношеннями основних геометричних розмірів робочого колеса.:

$$\overline{D}_1 = 0,2;$$

$$\overline{b}_2 = 0,15;$$

$$\delta = 0,02;$$

$$Z = 10.$$

4 По геометричних залежностях [1] визначаємо ККД, відносну ширину вільної камери \overline{B} й функції F_1 і F_2 .

$$\eta = 0,50;$$

$$\overline{B} = 0,2;$$

$$F_1 = 1,903 \cdot 10^{-2};$$

$$F_2 = 2,15.$$

де F_1 - функція, що враховує вплив відносних розміром РК;

F_2 - функція, що враховує вплив відносних розміром відводу.

5 Зовнішній діаметр робочого колеса визначається за формулою

$$D_2 = \frac{A}{n} \sqrt{H}, \quad (4.2)$$

$$\text{де } A = \left[\frac{\eta_{MEX}}{k\eta \cdot F_1 \cdot F_2} \right]^{1/2}, \quad (4.3)$$

Тут η_{MEX} - механічний ККД насоса;

$\eta_{MEX} = 0,97$, (приймаємо для даного типу насосів);

k – постійний коефіцієнт; $k = 7,1657 \cdot 10^{-3}$.

Тоді

$$A = \left[\frac{0,97}{7,1657 \cdot 10^{-3} \cdot 1,903 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 \cdot 2,15} \right]^{1/2} = 81,3,$$

$$D_2 = \frac{81,3}{1450} \sqrt{16} = 0,225 \text{ м.}$$

Для гарантованого забезпечення необхідної величини напору ухвалюємо зовнішній діаметр робочого колеса $D_2 = 230$ мм із урахуванням можливих відхилень розмірів проточної частини при виготовленні.

6 Абсолютні розміри робочого колеса:

Діаметр входу робочого колеса:

$$D_1 = \overline{D}_1 \cdot D_2, \quad (4.4)$$

де \overline{D}_1 - відносне значення діаметра входу робочого колеса, м.

D_2 - зовнішній діаметр робочого колеса, м.

$$D_1 = 0,2 \cdot 0,230 = 0,05 \text{ (м)}.$$

Ширина лопаті колеса на виході:

$$b_2 = \bar{b}_2 \cdot D_2, \quad (4.5)$$

де \bar{b}_2 - відносна ширина лопаті на вихіді.

$$b_2 = 0,15 \cdot 0,230 = 0,035(\text{м}).$$

Товщина лопаті колеса:

$$\delta = \bar{\delta} \cdot D_2, \quad (4.6)$$

де $\bar{\delta}$ - відносна товщина лопаті.

$$\delta = 0,02 \cdot 0,230 = 0,005(\text{м}).$$

Ухвалюємо:

$$D_1 = 45(\text{мм});$$

$$b_2 = 35(\text{мм});$$

$$\delta = 6(\text{мм}).$$

7 Ширина вільної камери насоса.

Ширина вільної камери визначається за формулою:

$$B = \bar{B} \cdot D_2,$$

де \bar{B} - відносна ширина вільної камери.

$$B = \bar{B} \cdot D_2 = 0,2 \cdot 0,230 = 0,05(\text{м}) = 50(\text{мм}).$$

8 Вибір відводу

Ухвалюємо кільцевий відвід, тому що він не засмічується твердими й волокнистими фракціями в робочій рідині. Геометричні розміри відводу отримані шляхом наступного розрахунку:

Діаметр кільцевого відводу:

$$D_3 = D_2 + B, \quad (4.6)$$

$$D_3 = 0,230 + 0,050 = 0,280(\text{мм})$$

Діаметр вихідного патрубкa:

$$D_{вих} = B,$$

Ухвалюємо

$$D_{вих} = 0,065(\text{м}).$$

Діаметр розташування язика:

$$D_{яз} = \overline{D}_{яз} \cdot D_2, \quad (4.8)$$

де $\overline{D}_{яз}$ - відносний діаметр розташування язика.

$$D_{яз} = 1,3 \cdot 0,290 = 0,37(\text{мм}).$$

9 Діаметр входу насоса:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V_0}}, \quad (4.9)$$

де $V_0 = K_{V_0} \cdot \sqrt{2g \cdot H}$ - швидкість на вхід у насос;

$$K_{V_0} = (0,2 \div 0,25) \cdot \left[\frac{n_s}{100} \right]^{2/3} - \text{коефіцієнт вхідної швидкості.}$$

$$\text{Тоді } K_{V_0} = (0,2 \div 0,25) \cdot \left[\frac{98,6}{100} \right]^{2/3} = 0,16 \div 0,2; \text{ ухвалюємо } K_{V_0} = 0,198.$$

(Для дуже в'язких з більшим вмістом твердих включень в рідині слід ухвалювати менше значення K_{V_0} . У цьому випадку прийняте середнє значення, тому що середовище неоднорідне й важко визначити яких фракцій у ній більше);

$$V_0 = 0,198 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 16} = 3,5(\text{м/с});$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 80}{3600 \cdot 3,14 \cdot 3,5}} = 0,09(\text{м}).$$

Повинне виконуватися умова $D_0 \geq B$. Перевіряємо $D_0 = 90(\text{мм})$, а $B = 50(\text{мм})$.

Умова виконується.

За ГОСТ 27854-88 ухвалюємо значення діаметрів вихідного й вхідного патрубків:

$$D_B = 100 \text{ мм}; D_H = 65 \text{ мм};$$

4.2 Визначення діаметра вала

Мінімальний розмір діаметра вала насоса визначається за формулою:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{N}{n} \cdot \frac{0,4896}{[\tau_{KP}]}} \quad (4.10)$$

Тут $N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta}$ - потужність насоса;

де ρ - щільність рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$;

η - ККД насоса.

$$N = \frac{1075 \cdot 9,81 \cdot 80 \cdot 16}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,50} = 7,5 \text{ кВт.}$$

Потужність електродвигуна:

$$N_{\text{эд}} = k \cdot N, \quad (4.11)$$

де k – коефіцієнт заременя; $k = 1,3$.

$$N_{\text{эд}} = 1,3 \cdot 7,5 = 9,75 (\text{кВт}).$$

$[\tau_{KP}] = 450 \text{ кгс}/\text{див}^2$ для матеріалу вала Сталь 45.

Розрахуємо діаметр вала насоса:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{7,5}{1450} \cdot \frac{0,4896}{450}} = 0,018 \text{ м} = 20 \text{ (мм)}.$$

Остаточно розмір вала ухвалюється при конструктивній розробці насоса.

4.3 Розрахунки гідравлічної осьової сили

На ротор ВВН діє осьова сила, звичайно спрямована убік, протилежний напрямку входу рідини в РК. Величина цієї сили рівняється алгебраїчній сумі осьових сил, що діють на окремі елементи ротора насоса.

На рис. 4.4 показана схема дії осьових сил.

Результуюче осьове зусилля, що діє на ротор насоса, визначається за формулою:

$$A = A_{\Pi} - A_{\text{К}} - A_{\text{Д}} \pm A_{\text{ВХ}}, \quad (4.12)$$

де A_{Π} - складова сумарної осьової сили, що діє з боку пазухи на зовнішню поверхню диска робочого колеса;

$A_{\text{К}}$ - складова сумарної осьової сили, що діє з боку вільної камери на внутрішню поверхню диска робочого колеса;

$A_{\text{ВХ}}$ - складова сумарної осьової сили, що діє на ротор насоса, у результаті наявності надлишкового тиску (вакууму) на вхід у робоче колесо;

$A_{\text{Д}}$ - сила, що діє на внутрішню поверхню диска робочого колеса за рахунок зміни напрямку потоку рідини (так звана динамічна складова).

Тому що складові сумарної осьової сили $A_{\text{ВХ}}$ і $A_{\text{Д}}$ значно менші за величиною ніж інші складові, то для розрахунків ними можна знехтувати.

Тоді формула одержить такий вид:

$$A = A_{\Pi} - A_{\text{К}}; \quad (4.13)$$

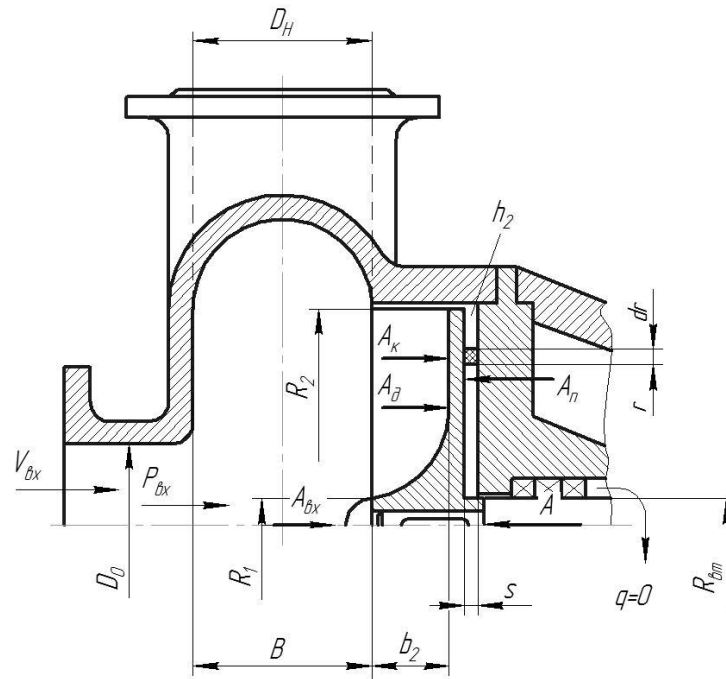


Рисунок 4.4 – Схема дії осьових сил

$$A_{\Pi} = \pi \rho g (R_2^2 - R_{em}^2) \beta \cdot H - \frac{\pi}{4} R_2^4 \cdot \kappa^2 \cdot \rho \cdot \omega^2 (1 - R_{em}^2)^2;$$

$$A_{\kappa} = \Psi_{\kappa} \cdot \rho \cdot g \cdot H (R_2^2 - R_1^2);$$

Одержуємо:

$$A = \pi \cdot \rho \cdot g \cdot H \left[\beta (R_2^2 - R_{em}^2) - \Psi_{\kappa} (R_2^2 - R_1^2) \right] - \frac{\pi}{4} R_2^4 \cdot \kappa^2 \cdot \rho \cdot \omega^2 (1 - R_{em}^2)^2; \quad (4.14)$$

κ – експериментальний коефіцієнт, $\kappa = 0,468$.

де β - експериментальний коефіцієнт;

$$\beta = 0,407 + \frac{0,361 \cdot 10^6}{Re}, \quad (4.15)$$

де Re – число Рейнольдса;

$$Re = \frac{n \cdot D_2^2}{\nu} \quad (4.16)$$

де ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, для води при 170 С $\nu=1,79 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

$$Re = \frac{1450 \cdot 0,230^2}{60 \cdot 1,79 \cdot 10^{-6}} = 0,71 \cdot 10^6;$$

Тоді:

$$\beta = 0,407 + \frac{0,361 \cdot 10^6}{0,71 \cdot 10^6} = 0,915;$$

Ψ_r – коефіцієнт пропорційності, що характеризує структуру насоса:

$$\Psi_r = -0,105 + \frac{0,511 \cdot 10^6}{Re}, \quad (4.17)$$

$$\Psi_r = -0,105 + \frac{0,511 \cdot 10^6}{0,71 \cdot 10^6} = 0,625.$$

Кутова швидкість обертання, с⁻¹

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (4.18)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1450}{30} = 152 \text{ (с}^{-1}\text{)};$$

$$A = 3,14 \cdot 1075 \cdot 9,81 \cdot 16 \left[0,915 (0,115^2 - 0,0275^2) - 0,625 (0,115^2 - 0,0225^2) \right] - \frac{3,14}{4} 0,115^4 \cdot 0,486^2 \cdot 1075 \cdot 152^2 (1 - 0,0275^2)^2 = 1024 \text{ (Н)};$$

Осьова сила при виборі й розрахунках опорних підшипників на міцність визначається за формулою

$$A_{\max} = (1,15 \div 1,2)A. \quad (4.19)$$

$$A_{\max} = 1,2 \cdot 1024 = 1228 \text{ Н.}$$

Для зменшення величини осьової сили застосовуємо *імPELLери*.

Зменшення осьової сили від дії лопаток імPELLера визначаємо за формулою [3]:

$$T_{\text{л}} = \frac{3}{8} \rho \cdot g \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_2^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{\text{имп}}^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{u_2^2 - u_{\text{имп}}^2}{2 \cdot g} \right), \quad (4.20)$$

де $D_{2\text{имп}} = 0,230$ м - зовнішній діаметр лопатей імPELLера;

$D_{1\text{имп}} = 0,140$ м - внутрішній діаметр лопатей імPELLера;

$U_{2\text{имп}}$ - окружна швидкість на виході з лопатей імPELLера, м/с;

$U_{1\text{имп}}$ - окружна швидкість на вхід на лопатей імPELLера, м/с.

$$U_{2\text{имп}} = \frac{\pi \cdot n \cdot D_{2\text{имп}}}{60}; \quad (4.21)$$

$$U_{1\text{имп}} = \frac{\pi \cdot n \cdot D_{1\text{имп}}}{60}; \quad (4.22)$$

$$U_{2\text{имп}} = \frac{3,14 \cdot 1450 \cdot 0,23}{60} = 17,4 \text{ (м/с)},$$

$$U_{1\text{имп}} = \frac{3,14 \cdot 1450 \cdot 0,140}{60} = 10,6 \text{ (м/с)}.$$

$$T_{л} = \frac{3}{8} \cdot 1075 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,230^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,14^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{17,4^2 - 10,6^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 1003(H)$$

Залишкова осьова сила **становить**:

$$\Delta A = A_{\max} - T_{л}$$

$$\Delta A = 1228 - 1003 = 225(H).$$

4.4 Розрахунки гідравлічної радіальної сили

У випадку, коли робоче колесо цілком утоплене в циліндровій ніші радіальна сила практично відсутня.

Радіальна сила для випадку, коли робоче колесо, повністю висунуте у вільну камеру визначається за формулою:

$$R = \kappa_R \cdot \frac{Q}{Q_{opt}} \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot D_2 \cdot (b_2 + \Delta + b), \quad (4.23)$$

де κ_R – експериментальний коефіцієнт радіальної сили.

Максимальна радіальна сила буде на оптимальній ($Q/Q_{opt}=1$) подачі.

При цьому $\kappa_R = K = 0,2$.

Q – подача насоса, $Q = 80 \text{ м}^3/\text{Год}$;

Q_{opt} – оптимальна подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ – щільність рідини, $\rho = 1075 \text{ кг}/\text{м}^3$;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}$;

H – напір створюваний насосом, $H = 16 \text{ м}$;

D_2 – зовнішній діаметр робочого колеса, $D_2 = 0,230 \text{ м}$;

b_2 – ширина колеса на виході, $b_2 = 0,035 \text{ м}$;

Δ – товщина диска, $\Delta = 10 \text{ м}$;

b – ширина імпеллера, $b = 0,005 \text{ м}$.

$$R = 0,2 \cdot 1 \cdot 1075 \cdot 9,81 \cdot 16 \cdot 0,230 \cdot 0,05 = 388(H)$$

5 РОЗРАХУНКИ НА ВИБІР ПІДШИПНИКІВ

5.1 Розрахунки навантажень на ротор

Розрахункова схема дії сил на ротор насоса наведена на рис. 6.1.

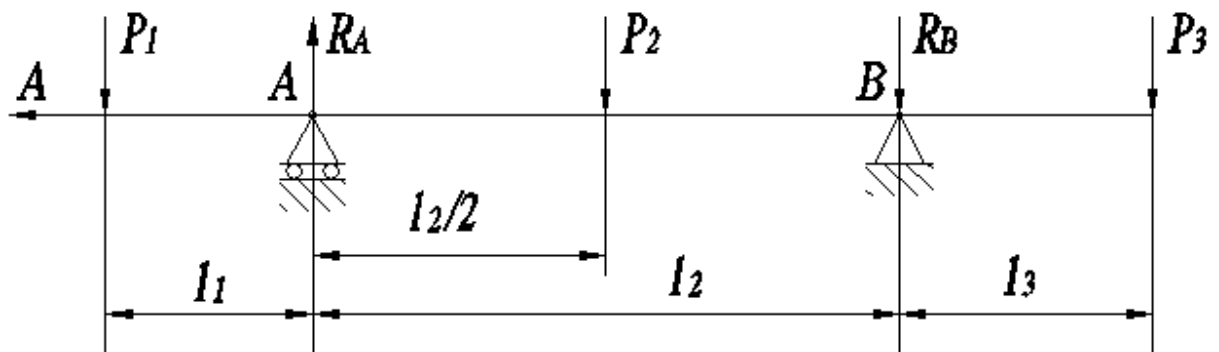


Рисунок 6.1 – Схема дії сил у насосі

Розрахунки проводимо за методикою, викладеною в [7]:

$$P_1 = G_{pk} + G_{об} + R, \quad (5.1)$$

де G_{pk} – вага робочого колеса, $G_{pk} = 7,2(\text{кг}) = 70,6(\text{Н})$;

R – радіальне зусилля у відводі, Н.

Rr – радіальне зусилля у відводі; $Rr = 388(\text{Н})$.

$G_{об}$ – відцентрова сила від дисбалансу робочого колеса щодо його осі обертання;

$$G_{об} = \frac{G_{pk}}{g} \cdot \omega^2 \cdot l_k, \quad (5.2)$$

де l_k – ексцентриситет центру ваги робочого колеса.

$$l_k = 0,0001 \cdot D_2, \quad (5.3)$$

де D_2 – діаметр робочого колеса.

$$l_{\kappa} = 0,0001 \cdot 0,230 = 2,3 \cdot 10^{-5} (\text{м});$$

$$G_{\text{об}} = \frac{70,6}{9,81} \cdot 152^2 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} = 3,8 (\text{Н});$$

$$P_1 = 70,6 + 3,8 + 388 = 462 (\text{Н}).$$

Навантаження P_2 :

$$P_2 = G_B, \quad (5.4)$$

де G_B - вага вала; $G_B = 8,5 \text{ кг} = 83,4 \text{ Н}$.

$$P_2 = 83,4 \text{ Н}.$$

Навантаження P_3 :

$$P_3 = G_{\text{нм}}. \quad (5.5)$$

де - $G_{\text{нм}}$ - вага напівмуфти; $G_{\text{нм}} = 2,65 \text{ кг} = 26 \text{ Н}$.

$$P_3 = 26 (\text{Н}).$$

5.2 Визначення реакції в підшипникових опорах

Складові реакції в опорах ротора визначаються з умови рівності моментів сил щодо точок опор. Відповідно до рис. 5.1. маємо:

A - осьове навантаження, сприймана підшипниками передньої опори:

$$A = 225 \text{ Н},$$

R_a і R_b - реакції в опорах A і B відповідно.

$$l_1 = 0,220 \text{ м};$$

$$l_2 = 0,50 \text{ м};$$

$$l_3 = 0,0975 \text{ м}.$$

Визначаємо реакції в опорах:

$$\sum M_a = P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + R_b \cdot l_2 + P_3 (l_2 + l_3) - P_1 \cdot l_1 = 0;$$

$$Rb = \frac{P_1 \cdot l_1 - P_3 \cdot (l_2 + l_3) - P_2 \cdot l_2 / 2}{l_2};$$

$$Rb = \frac{462 \cdot 0,22 - 26 \cdot (0,150 + 0,0975) - 83,4 \cdot 0,170 / 2}{0,150} = 593(\text{H});$$

$$\sum Ma = P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + P_1 \cdot (l_1 + l_2) + Ra \cdot l_2 - P_3 \cdot l_3 = 0;$$

$$Ra = \frac{P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + P_1 \cdot (l_1 + l_2) - P_3 \cdot l_3}{l_2};$$

$$Ra = \frac{83,4 \cdot \frac{0,150}{2} + 462 \cdot (0,22 + 0,50) - 26 \cdot 0,0975}{0,150} = 1164(\text{H}).$$

$$Fa = A;$$

$$Fa = 225 \text{ H}.$$

5.3 Розрахунки довговічності підшипників

У передній і задній опорах (опори А і В, рис. 5.1.) установлені однакові шарикопідшипники N 309 ГОСТ 8338 - 75. За умовами роботи передній підшипник (опора А) сприймає осьове й радіальне навантаження і є більш навантаженим. Перевіряємо його на довговічність.

Розрахункова довговічність підшипника, год [5,6]:

$$Lh = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^3, \quad (5.6)$$

де С - динамічна вантажопідйомність підшипника;

Р - еквівалентне динамічне навантаження на підшипник;

$$P = (X \cdot V \cdot Fr + Y \cdot Fa) K_T \cdot K_\sigma. \quad (5.7)$$

За умовами роботи підшипника ухвалюємо: коефіцієнт безпеки $K_\sigma = 1,5$;

коефіцієнт температурний $K_T = 1,0$;

коефіцієнт обертання $V = 1$.

Радіальна сила, що діє на підшипник:

$$Fr = Ra = 1164 \text{ Н}$$

Осьова сила, що діє на підшипник

$$Fa = FA = 225 \text{ Н.}$$

Визначаємо відношення осьового навантаження до радіального:

$$\frac{Fa}{V \cdot Fr} = \frac{225}{1 \cdot 1164} = 0,193;$$

За довідковими даними [5] для підшипника N 309 динамічна вантажопідйомність $C = 52300 \text{ Н}$, статична – $C_0 = 40200 \text{ Н}$. Визначаємо відношення:

$$\frac{Fa}{C_0} = \frac{225}{40200} = 0,0056(\text{Н}).$$

При цьому $e = 0,19$.

Оскільки $Fa/v \cdot Fr > e$, то коефіцієнт радіального навантаження $x = 0,56$.

Коефіцієнт осьового навантаження Y визначаємо методом інтерполяції $Y=2,3$.

$$\text{Тоді } P = (0,56 \times 1 \times 1164 + 2,3 \times 225) \cdot 1 \cdot 1,5 = 1754 \text{ Н.}$$

Розрахункова довговічність підшипника

$$Lh = \frac{10^6}{60 \cdot 1450} \cdot \left(\frac{52300}{1754} \right)^3 = 3,04 \cdot 10^5 (\text{год}).$$

За результатами розрахунків при умові навантаження радіальною й осьовою силою підшипник 309 задовольняє необхідним показникам надійності.

6 РОЗРАХУНКИ НА ВИБІР ДВИГУНА

6.1 Вибір двигуна

Вихідні дані:

Потужність насоса на номінальному режимі $N = 7,8$ кВт,

Максимально можлива потужність насоса на номінальному режимі:

$$N_{\max} = \frac{\rho \cdot H \cdot Q}{102 \cdot 3600 \cdot \eta_{H \min}}, \quad (6.1)$$

де $\eta_{H \min}$ – найменший КПД насоса.

$$\eta_{H \min} = \eta - 2\%,$$

$$\eta_{H \min} = 50\% - 2\% = 48\% .$$

$$N_{\max} = \frac{1075 \cdot 16 \cdot 80}{102 \cdot 3600 \cdot 0,48} = 7,8 (\text{кВт}).$$

Потужність електродвигуна $N_{\text{эд}} = k \cdot N_{\max}$,

де k - коефіцієнт, що враховує граничне відхилення напору, що допускається.

$k = 1,1 \div 1,3$. Приймаємо $k = 1,3$.

Тоді $N_{\text{эд}} = 1,3 \cdot 7,8 = 10,1$ (кВт).

Для привода насоса вибираємо електродвигун 4А132М4УЗ із параметрами:

потужність, кВт – 11;

напруга, В - 220/380;

частота обертання, об/хв – 1450.

6.2 Побудова пускової моментної характеристики

Будуємо залежність моменту опору ротора насоса від частоти обертання при пуску насоса. Ця залежність являє собою параболу:

$$M = K \times n^2, \quad (6.2)$$

де K - коефіцієнт параболи;

n – частота обертання ротора, c^{-1} (об/хв);

Графік залежності моменту опору будується по трьом точкам.

- початковий момент пуску ($n=0$);
- мінімальний момент опору агрегату;
- повного розвороту електродвигуна ($n= 1450$ об/хв.)

Визначаємо величину моменту при $n=0$.

$$M_0 = 0,2 \times M_H = 0,2 \times 75 = 15 \text{ Нм},$$

$$\text{де } M_H = \frac{N_H}{W_H} = \frac{11}{152} = 0,0724 \text{ (кНм)} = 72 \text{ (Нм)};$$

$N_H = 11$ кВт - номінальна потужність двигуна.

Момент опору агрегату при повному розвороті електродвигуна M_{\max} ;

$$M_{\max} = \frac{N_{\max}}{W_H} = \frac{7,8}{152} = 0,051 \text{ (кНм)} = 51 \text{ (Нм)};$$

де $N_{\max} = 7,8$ кВт - максимальна потужність насоса;

Мінімальному моменту опору відповідає точка "С" з координатами:

$$n \times z = 0,3 \text{ нн і } M_c = 0,03 M_{\max};$$

$$n \times z = 0,3 * 1450 = 435 \text{ об/хв};$$

$$n \times z = 0,3 * 51 = 15,3 \text{ Н м}.$$

Коефіцієнт параболи визначається по величині моменту при повному розвороті двигуна:

$$K = \frac{M_{\max}}{n^2} = \frac{51}{1450^2} = 2,425 \cdot 10^{-5}.$$

Дані розрахунків моментної характеристики зводимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Пускова моментна характеристика

n, про/хв	0	250	500	750	1000	1250	1450
M, Н·м	0	1,51	6,06	16,64	24,25	37,90	51,0

Пускова моментна характеристика насоса ВВН 80-16 представлена на рис. 6.1.

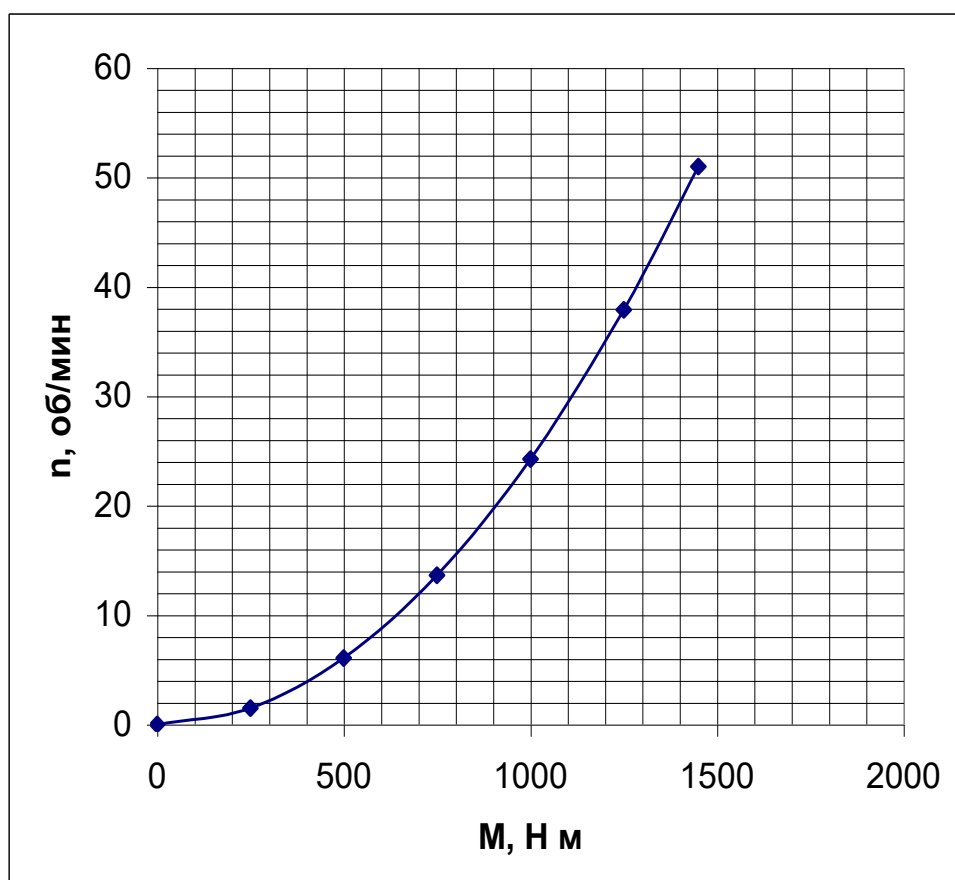


Рисунок 6.1 - Пускова моментна характеристика

7.1 Основні поняття й визначення

Система технічного обслуговування є комплексом організаційно-технічних заходів, що регламентують профілактичні ремонти, що й забезпечують виконання, і технічне обслуговування встаткування.

При технічному обслуговуванні необхідно керуватися вимогами, які включені в групу ГОСТів, з'єднаних рубрикою "Надійність у техніці".

Нижче наведені щодо насосів прийняті відповідно до діючих стандартів основні терміни й визначення.

Експлуатація - сукупність усіх фаз існування насоса, включаючи обслуговування під час роботи й ремонту.

Ремонт - комплекс робіт, спрямованих на підтримку справності (або працездатності) устаткування в результаті заміни або поновлення зношених або вийшлих з ладу деталей, вузлів; регулювання й налагодження ремонтovanого встаткування з доведенням його параметрів до необхідних, установлених технічними умовами або регламентом.

Розрізняють аварійні (змушені), планові й непланові ремонти.

Аварійний ремонт роблять після появи несправностей або відмови встаткування між плановими ремонтами.

Плановий ремонт передбачається нормативною документацією й виконується в плановому порядку. Планово-запобіжний ремонт роблять до появи несправностей або відмови встаткування; він попереджає прогресуюче зношування деталей і, отже, знижує ймовірність виходу встаткування з ладу.

Неплановий ремонт передбачається нормативно-технічною документацією, але здійснюється не в плановому порядку.

Технічне обслуговування - комплекс робіт для підтримки справності або тільки працездатності насоса при підготовці до роботи й використанні установки по призначенню.

Надійність - властивість виробу (у цьому випадку насоса) виконувати задану функцію, зберігаючи експлуатаційні показники (параметри, установлені регламентом і паспортом) протягом проміжку часу або наробітку, що потрібно. Надійність залежить від безвідмовності насоса та довговічності її вузлів і деталей і визначається протягом певного проміжку часу.

Працездатність - стан насоса або установки, при якому вона здатна виконувати задану функцію, зберігаючи параметри, установлені вимогами технічної документації (технічними умовами, паспортом, регламентом і ін.).

Відмова - подія, що полягає в порушенні працездатності.

Несправність - стан, при якому насос не відповідає хоча б одній з вимог технічної документації.

Наробіток - тривалість роботи насоса, що вимірюється, як правило, у годинах.

Гарантійний наробіток - наробіток, до завершення якого виготовлювач гарантує й забезпечує виконання вимог технічної документації до поставленого встаткування за умови дотримання споживачем правил експлуатації.

Наробіток на відмову - середнє значення наробітку встаткування між відмовами, при вимірі наробітку в годинах аналогічне строку "середній час безвідмовної роботи". По наробітку на відмову в основному визначають потребу у вигляді й формі ремонтного обслуговування для даного встаткування.

Безвідмовність - властивість виробу зберігати працездатність протягом деякого наробітку без змушених перерв. У тих випадках, коли відмова недопустима за умовами безпеки або виробничим умовам, показником безвідмовності служить вірогідність безвідмовної роботи, що визначається в межах заданого наробітку або проміжку часу, коли не виникає відмови встаткування, що розглядається.

Довговічність - властивість насоса зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування й ремонтів. Граничний стан визначається можливістю наступної експлуатації в результаті невідновлюваного фізичного зносу, зниження ефективності, а також вимогами безпеки. Показник граничного стану оговорюється в технічній документації на встаткування. Показниками довговічності можуть служити ресурс або термін служби.

Ремонтпридатність - властивість устаткування, полягає в його пристосованості до попередження, виявлення й усуненню відмов і несправностей (поновленню працездатності) у результаті проведення технічного обслуговування й ремонтів. Ремонтпридатність характеризується середнім часом поновлення, вірогідністю виконання ремонту в заданий час, а також середньою вартістю технічного обслуговування. Ремонтпридатність - один з основних факторів, що визначають трудомісткість і вартість ремонтного обслуговування насосного встаткування, а також періодичність профілактичних ремонтів.

Ресурс - наробіток устаткування до граничного стану, обумовленого в технічній документації. Призначений ресурс - наробіток, обумовлений технічною документацією з міркувань безпеки, при досягненні якого експлуатація повинна бути припиненою і незалежною від стану виробу.

Термін служби - календарна тривалість експлуатації насоса до моменту виникнення граничного, обумовленого в технічній документації, стану або списання. Застосовуються поняття термін служби до першого капітального ремонту, між капітальними ремонтами й т.п.

Строк гарантії - обумовлений технічною документацією або в договорі на поставку на період, протягом якого виготовлювач гарантує й забезпечує умови експлуатації.

Запасна частина - складова частина встаткування, призначена для заміни в експлуатації такої ж самої частини, що перебуває в справності або працездатному стані.

7.2 Обслуговування й ремонт устаткування

Застосування системи ремонтного обслуговування повинне забезпечити:

- підтримку встаткування в працездатному стані протягом усього планованого періоду;
- запобігання відмов устаткування, що викликають порушення нормального періоду;
- запобігання відмов устаткування, що викликають порушення нормального технологічного процесу;
- виконання ремонтів у плановому порядку без порушення планів виробництва;
- планову підготовку робіт з ремонтного обслуговування, а також забезпечення матеріалами, запасними частинами й устаткуванням;
- організацію ремонтного обслуговування відповідно до вимог нормативно-технічної документації;
- підвищення коефіцієнта технічного використання встаткування в результаті підвищення якостей ремонту.

Для більш повної відповідності вимогам "Системи технічного обслуговування й ремонту встаткування підприємств машинобудування» передбачає комбінацію різних видів ремонтного обслуговування: технічне обслуговування й планово-попереджувальні ремонти, причому останні, у свою чергу, можуть бути як планово-періодичними.

Одержала розвиток тенденція надання більшої самостійності підприємствам при визначенні форм ремонтного обслуговування, спрощена ремонтна

документація. Основним заходом, спрямованим на забезпечення безвідмовної роботи встаткування, є поточний ремонт.

Перевагою системи, що розглядається, є те, що в ній регламентоване технічне обслуговування встаткування й оцінена важливість для забезпечення його безвідмовної роботи, кваліфікованої експлуатації між ремонтами й повсякденного контролю над дотриманням правил технічної експлуатації, у тому числі чищення, регулювання, виконання зовнішніх оглядів для виявлення дефектів, усунення дрібних дефектів, а також підтягування з'єднань, кріплень, чищення фільтрів і ін.

Одним з найважливіших заходів системи ремонтного обслуговування є *технічне обслуговування*. При правильній організації воно забезпечує безвідмовну роботу насосів, установок у міжремонтний період і створює передумови для збільшення цього періоду.

Дві форми планово-запобіжних ремонтів і планово-періодичний ремонт повинні забезпечити максимальну ефективність ремонтного обслуговування передусім всього в результаті планування ремонтів у дійсно необхідний термін у необхідному обсязі.

Кожна форма ремонту має переваги й недоліки. Перевагою планово-періодичного профілактичного ремонту є можливість досить детально планувати строки й обсяги виконання ремонтних робіт, а також потреби в людських і матеріальних ресурсах; недодостатком є його порівняно більша вартість. Недолік системи ремонтів - обмежена можливість планування ремонтних робіт, суб'єктивність оцінки обсягів і строків ремонтів. Слід зазначити, що ефективність кожної форми ремонту залежить від характеристики ремонтovanого встаткування. Основною характеристикою в цьому випадку є те, як впливає вихід з ладу встаткування або його елементів на технологічний процес, випуск продукції або створення загрозової при умовах безпеки виробництва ситуації.

Технічне обслуговування здійснюється експлуатаційним персоналом (операторами) і обслуговуючим черговим персоналом (черговими слюсарями, електриками й ін.) під керівництвом начальників змін (ділянок, відділення, змінних майстрів) відповідно до діючих на підприємствах інструкцій з робочих місць і регламенту.

У залежності від характеру й обсягу робіт, які проводяться за ГОСТ 18322-78 «Система технічного обслуговування й ремонту техніки. Терміни й визначення (зі Змінами N 1,2)» передбачається щозмінне (ЩО) і періодичне (ТО) технічне обслуговування.

Технічне обслуговування - основний і вирішальний профілактичний захід, покликаний забезпечити надійну роботу встаткування між ремонтами.

На всіх підприємствах необхідно мати чіткі інструкції з кожного робочого місця, у яких повинні бути дані вичерпні вказівки по технічному обслуговуванню.

У *технічне обслуговування* входять наступні основні роботи: обтирання, чищення, регулярний зовнішній огляд, масло, підтяжка сальників, перевірка стану масляних і охолоджуваних систем підшипників, спостереження за станом кріпильних деталей, з'єднань і їх підтягування, усунення дрібних дефектів, часткове регулювання, перевірка стану захисних пристроїв з метою забезпечення безпечних умов праці й ін.

Технічне обслуговування проводять, як правило, без зупинки технологічного процесу. Виявлені дефекти й несправності слід усувати в можливо короткий термін силами технологічного й чергового ремонтного персоналу, усі зміни необхідно фіксувати в змінному журналі.

Змінний журнал по обліку виявлених дефектів і робіт технічного обслуговування є первинним документом, що відображає технічний стан і працездатність діючого встаткування, і служить для контролю роботи чергового ремонтного персоналу.

Змінний журнал, як правило, ведуть начальники змін або бригадири чергового ремонтного персоналу. Черговий, що заступає на зміну зобов'язаний: ознайомитися із записами попереднього виміру; ознайомитися зі станом устаткування; при виявленні дефектів і несправностей, не відображених у журналі, зробити про це відповідний запис.

У змінному журналі повинні фіксуватися: результати оглядів закріпленого встаткування; усі дефекти, неполадки й несправності, які порушують нормальну роботу встаткування або безпеку умов праці; заходи, проведені для усунення дефектів і несправностей; порушення правил технічної експлуатації встаткування технологічним персоналом і прізвища порушників; оцінки про усунення дефектів і несправностей; підпис особи, що усунуло дефект.

Більш докладний порядок усунення виявлених дефектів і неполадок, а також порядок передачі змін повинен установлюватися інструкцією, що розробляється на підприємстві з обліком його конкретних виробничих умов.

Періодичне технічне обслуговування - це технічне обслуговування, виконуване через установлені в експлуатаційній документації значення наробітку або інтервали часу. Планування періодичного ТО здійснюється в річному графіку.

Для встаткування машинобудівних виробництв із безперервним технологічним процесом періодичне ТО може проводитися під час планово-періодичної зупинки (ППО) устаткування відповідно до вимог технологічних регламентів.

Основне призначення періодичного ТО - усунення дефектів, які не можна знайти або усунути в період роботи встаткування. Основним методом ТО є огляд, під час якого визначають технічний стан вузлів, відповідні деталі устаткування, а також уточнюють обсяг майбутнього ремонту.

У залежності від характеру й обсягу майбутніх робіт для проведення періодичного ТО можна залучати ремонтний персонал технологічного цеху або централізованого ремонтного підрозділу.

Підготовку встаткування для проведення періодичного ТО проводить позмінний персонал під керівництвом начальників змін, що несуть персональну відповідальність.

Вжиті заходи по техніці безпеки, а також здавання встаткування в періодичне ТО й прийняття заходів після виконаного ТО слід фіксувати в журналі.

Типовий перелік робіт, які підлягають виконанню ремонтним персоналом під час періодичного ТО, повинен вказуватися у вигляді додатка до ремонтного журналу.

8 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК І ШКІДЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТОВАНОГО АГРЕГАТУ І ЗАХОДИ ЩОДО ЇХНЬОГО УСУНЕННЯ

Охорона праці - це система законодавчих актів і норм, спрямованих на забезпечення безпеки праці й відповідно їм соціально-економічні, організаційні, технічні й санітарно-гігієнічні заходи. Завдання охорони праці - зведення до мінімуму вірогідності ушкодження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Поліпшення умов праці, підвищення його безпеки впливає на продуктивність праці, якість, а, отже, на собівартість продукції, що випускається. Продуктивність праці збільшується завдяки економії живої праці, економії суспільної праці шляхом підвищення якості продукції, поліпшення використання основного виробничого встаткування, зменшення числа аварій.

Технічна характеристика:

Проектований насосний агрегат ВВН 80-16.

Подача, м³/год 80

Напір, м 16

Потужність, кВт 7,8

Частота обертання, об/хв	1450
Робоче середовище	– забруднена рідина

1 Вказівка заходів безпеки

При роботі й обслуговуванню даного насосного агрегату небезпечними й шкідливими виробничими факторами відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 [10] можуть бути:

- поразка електричним струмом;
- обертаючі елементи сполучної муфти;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень вібрації.

Джерела небезпеки:

- електричний струм, що підводять для живлення;
- сполучна муфта;
- шум і вібрація, що виникають при роботі насоса;
- нагріті поверхні агрегату.

При будівництві, розширенні, технічній модернізації, реконструкції об'єктів, де використовується насосний агрегат, повинна залучатися проектна організація для розробки проекту прив'язки встаткування до промислових площ замовника згідно з вимогами діючих стандартів, норм і правил, а також паспорта на агрегат і загальних ергономічних вимог.

Загальні вимоги безпеки повинні відповідати ГОСТ 12.2.003-91 і "Правилам устрою електроустановок" (ПУЭ-2009).

Вимоги безпеки при виробництві вантажно-розвантажувальних робіт відповідно до ГОСТ 12.3.009-76 і ГОСТ 12.3.020-80.

При транспортуванні, монтажі й ремонті стропування агрегату виконувати за місця й за схемами, які зазначені в паспорті.

Агрегат повинен бути заземлений згідно з ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Електробезпе́чність. Захисне заземлення. Занулення».

Поверхні насосів і трубопроводів, температура яких перевищує 45 °С, повинні бути ізольовані теплоізоляцією на місці експлуатації або огорожені.

Виконання ремонту й підтягування різьбових деталей на працюючому насосі не допускається.

Перед ремонтом повинні бути закриті затворки пристрою на трубопроводах, двигун повинен бути виключений від мережі.

Ремонт насоса повинен виконуватися після його охолодження й спорожнювання.

При монтажі й експлуатації насосного агрегату повинні бути виконані заходи, які забезпечують на робочому місці еквівалентні рівні звуку непостійного шуму не більш 80 дБА. Періодичність контролю рівня шуму на місці установки насосного агрегату відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартів безпеки роботи. Шум. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною № 1».

Періодичне обслуговування агрегату повинне проводитися з використанням індивідуальних засобів захисту органів слуху відповідно до ГОСТ 12.4.051-87 в приміщенні протягом не більш 15 хвилин, на відкритому повітрі – 8 годин.

Вимоги безпеки двигуна згідно з технічною документацією на його поставку.

Підготовка до роботи

Після поставки агрегату на місце експлуатації необхідно переконатися в зберіганні консерваційного й гарантійного пломбування, у наявності заглушок на усмоктувальному й напірному патрубках, перевірити наявність технічної документації й КІП.

При необхідності, монтаж і налагодження агрегату повинні виконуватися спеціалізованою організацією.

2 Поразка електричним струмом

Основними джерелами поразки електричним струмом при експлуатації даного

насоса є: випадковий дотик до струмопровідних частин, які перебувають у цей момент під напругою; несправність захисних засобів, за допомогою яких відбувається контакт робітника зі струмопровідними частинами; поява напруги на металевих частинах виробничого встаткування, останнє відбувається в результаті ушкодження ізоляції струмопровідних частин електроустаткування; контакт металевого встаткування із проводом, що перебуває під напругою.

Вимоги по електробезпечності регламентовані ГОСТ 12.1.030-81. Захисне заземлення й занулення повинні забезпечувати захист людей від поразки електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою.

Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати заходи для даного насоса:

- захисні огороження;
- захисне заземлення (при ушкодженні ізоляції).

Вимоги до електроустаткування.

Електродвигуни й інше електроустаткування насоса повинне відповідати вимогам "Правил устрою електроустановок" (ПУЕ-2009).

Електроустаткування даного насосного агрегату монтується відповідно до діючих будівельних норм і правилами устрою електроустановок (ПУЕ-2009).

3 Небезпека одержання від опіку при контакті людини з гарячими поверхнями

При роботі насоса на гарячих рідинах з $t > 45^{\circ} \text{C}$ необхідно передбачати пристрої, щоб уникнути опіків людей при зіткненні з корпусом насоса й арматурою.

Температура поверхонь насоса повинна бути не вище 45°C .

4 Небезпека контакту з деталями, які обертаються

Механізмом, що рухається, насосного агрегату є вал електричного двигуна

вільновихрового насоса, а також муфта, що з'єднує два вали. Вали вільновихрового насоса й електродвигуна небезпеки не представляють, оскільки перебувають у корпусах.

Для захисту обслуговуючого персоналу у виробничих приміщеннях, на постійних робочих місцях припустимий рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА.

Зони з рівнем шуму вище 80 дБа повинні бути позначені знаком небезпеки. Працюючих у даній зоні повинні забезпечити засобами індивідуального захисту.

Основним засобом боротьби з виробничим шумом є зменшення шуму в самих джерелах, тобто вдосконалення їх конструкцій, застосування оптимальних режимів роботи згідно технічних умов на даний тип машин. У паспорті насоса повинна бути зазначена шумова характеристика відповідно до ГОСТ 2.3.941-79.

5 Пожежобезпека

Основною причиною пожеж (до 40 %), які виникають при експлуатації даного насосного агрегату є порушення, які пов'язані з технологічним режимом.

Вимоги регламентовані ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартів безпеки роботи. Пожежна безпека. Загальні вимоги».

Пожежна безпека повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту, технічними заходами.

Протипожежний захист даного агрегату забезпечується:

- застосуванням засобів пожежогасіння;
- використанням автоматичних установок пожежної сигналізації й пожежогасіння;
- використанням засобів індивідуального й колективного захисту людей від небезпечних факторів пожежі

У виробничому приміщенні застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електронного встаткування, діелектричні властивості вуглекислого газу, що

дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку.

7 Шум

У процесі роботи насоса шум створюється при обертання ротора.

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБа. При роботі насосного агрегату створюється шум різної тональності, у залежності від ступеня його навантаження й досконалості вузлів, а також от типу й конструкції. У проектованому агрегаті передбачається шумова технічна характеристика в межах 95 дБа (корегований рівень звукової потужності).

Висновок: виконання перерахованих вище заходів забезпечує відповідність агрегату вимогам нормативної документації.

ВИСНОВКИ

Мета магістерської роботи – розроблення насоса типу ВВН 80-16 для перекачування забруднених рідин.

Згідно з поставленою метою було:

- обґрунтовано й вибрано конструкцію насоса;
- наведено опис конструкції;
- проведені гідравлічні розрахунки;
- вибрані кінцеве ущільнення й двигун насоса;
- виконані механічні розрахунки.

У розділі охорони роботи проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей проектного агрегату й заходи щодо їхнього усунення.

В економічному розділі розглянута система технічного обслуговування й ремонту встаткування.

Розроблені необхідні креслення.

Складена презентація.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Свободновихревые насосы : учеб. пособие / В. Ф. Герман, И. А. Ковалев, А. И. Котенко ; под общ. ред. А. Г. Гусака. – 2-е изд., доп. и перераб. – Сумы: Сумский государственный университет, 2013. – 159 с.
2. Вихрові насоси серії Т [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.flowex.com.ua/index.php/vikhrevye-nasosy/vikhrevye-nasosy-serii-t>.
3. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. – Москва : Машиностроение, 1977. – 288 с.

4. Лопастные насосы : справочник / В. А. Зимницкий, А. В. Каплун, А. Н. Папир, В. А. Умов ; под общ. ред. В. А. Зимницкого и В. А. Умова. – Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 334 с.
5. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с.
6. Иванов М. Н. Детали машин: учеб. для студентов высш. техн. учеб. заведений. -5-е изд., перераб. – М.:Высш. шк., 1991.– 383 с.
7. Биргер И. А. Расчет на прочность деталей машин / И. А. Биргер, Б. В. Шор. – М.: Машиностроение, 1979.
8. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2006. – Т. 1. – 928 с.
9. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів : навчальний посібник / В. О. Панченко, О. Г. Гусак, А. А. Папченко, С. О. Хованський. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 152 с.
10. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
11. Охорона праці (техніка безпеки) : начальний посібник / І. П. Пістун, М. Ф. Мандзюк, М. Є. Ліщук, І. О. Трунова. – Луцьк : Вид-во «Волинянин», 2012. – 448 с.
12. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра / укладачі: В. Ф. Герман, О. Г. Гусак, Е. В. Колісніченко. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 47 с.

