

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

ВИПУСКНА РОБОТА

на тему:

**Розробка насосу типу СКО на параметри: $Q=70\text{м}^3/\text{год}$,
 $H=48\text{м}$, $n=3000\text{об/хв}$**

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідро пневмоавтоматика»)

Виконавець роботи

Черниш Артем Олександрович
прізвище, ім'я, по-батькові

підпис, дата

Науковий керівник

к.т.н., доцент

науковий ступінь, учене звання

Панченко В.О.

прізвище, ім'я, по-батькові

підпис, дата

Суми 2022

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»
Освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропнеумоавтоматика»

гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
прикладної

_____ Сотник М.І.
“ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до випускної роботи бакалавра студенту

Чернишу Артему Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема роботи - «Розробка насосу типу СКО на параметри: $Q=70\text{м}^3/\text{год}$, $H=48\text{м}$, $n=3000\text{об/хв}$ »**
затверджена наказом по університету від ___ " ___ " _____ 20__ р. № _____
- 2. Термін здачі студентом закінченої роботи - 31.05.2022 р.**
- 3. Вихідні дані до проекту:**
параметри насосу:
подача насоса $Q_n = 70 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_n = 48 \text{ м}$, частота обертів $n_n = 3000 \text{ об/хв}$.
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):**
гідравлічні розрахунки, розрахунки з вибору електродвигуна, розрахунок кінцевого ущільнення, розрахунки на міцність, розрахунки з вибору підшипників.
- 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**
креслення робочого колеса (А1), складальне креслення насосу (А1), креслення корпусу насоса (А1), теоретичне креслення робочого колеса (А1), робоче креслення робочого колеса (А1).

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Найменування етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика консольних насосів	до 21.04.2022	
2	Вибір конструктивної схеми насоса		
3	Опис конструкції вибраного насоса		
4	Гідрравлічні розрахунки		
5	Теоретичне креслення робочого колеса		
6	Виконання розділу «Охорона праці»		Керівник
7	Виконання економічного розділу		Керівник
8	Оформлення звіту з практики		
9	Розрахунки з вибору електродвигуна	до 25.04.2022	
10	Розрахунок кінцевого ущільнення		
11	Розрахунки на міцність		
12	Розрахунки з вибору підшипників		
13	Креслення робочого колеса	до 30.04.2022	
15	Складальне креслення насоса	до 15.05.2022	Керівник
17	Оформлення РПЗ та графічних матеріалів	до 09.06.2022	
18	Представлення роботи керівнику. Внесення поправок.	до 10.06.2022	
19	Перевірка роботи на плагіат.	до 15.06.2022	
20	Час для попереднього захисту. Підготовка доповіді до захисту.	до 15.06.2022	
21	Розміщення роботи в репозитарій. Отримання рецензії.	до 20.06.2022	
22	Захист роботи в ЕК (згідно графіка захисту).	з 22.06.2022 до 26.06.2022	До захисту робота допускається після перевірки на плагіат

Дата видачі завдання - 01.02.2022 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

Панченко В.О.
(прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: 60 с., 8 рисунків, 6 таблиць, 8 літературних джерел.

Тема дипломного проекту «Розробка насосу типу СКО на параметри: $Q=70\text{м}^3/\text{год}$, $H=48\text{м}$, $n=3000\text{об/хв}$ »

Графічні матеріали: 4 аркуша формату А1:

креслення робочого колеса, складальне креслення насоса, теоретичне креслення робочого колеса, креслення відводу насоса.

Мета проекту – розробка насосного агрегату для перекачування технологічних рідин цукрового виробництва: подача $70\text{ м}^3/\text{год}$, напір – 48 м, частота обертання – 3000 об/хв.

Згідно із поставленою метою було:

- обґрунтовано вибір конструктивної схеми насоса;
- виконано опис конструкції насосного агрегату;
- виконано гідравлічні розрахунки: розрахунок робочого колеса та відводу, визначення осьової та радіальної гідродинамічних сил, вибір кінцевого ущільнення, розрахунок насоса на кавітацію;
- виконано розрахунки на міцність: валу (визначення реакцій у опорах та розрахунок коефіцієнту запасу міцності валу), підшипників, шпонкових з'єднань;
- вибрана з'єднувальна муфта.

У економічному розділі було розглянуто систему технічного обслуговування і ремонту за фактичним технічним станом.

У розділі із охорони праці було розглянуто вплив іонізуючого випромінювання на організм людини та захист від нього.

Ключові слова: НАСОС, РОБОЧЕ КОЛЕСО, НАПІР, ПОДАЧА, ТИСК, ЛОПАТЬ.

Зміст

	С.
Реферат.....	4
Вступ.....	6
1 Гідравлічні розрахунки	8
2 Розрахунок гідродинамічних сил	30
3 Розрахунки на міцність	36
3.1 Вибір електродвигуна.....	36
3.2 Розрахунок пускової моментної характеристики.....	36
3.3 Конструювання вала	39
3.4 Розрахунок кінцевого ущільнення вала	40
3.5 Розрахунок вала.....	42
3.6 Розрахунок шпонкового з'єднання	46
3.7 Вибір підшипників та розрахунок на довговічність	49
4 Розділ з охорони праці	50
7 Економічний розділ.....	54
Список використаної літератури	61

					131.04BP.000.00 ПЗ					
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	Розробка насосу типу СКО Пояснювальна записка			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Черниш									4
<i>Перев.</i>	Панченко				СумДУ ГМдн-84-0					
<i>Н. контр.</i>	Алексеєнко									
<i>Затв.</i>										

Вступ

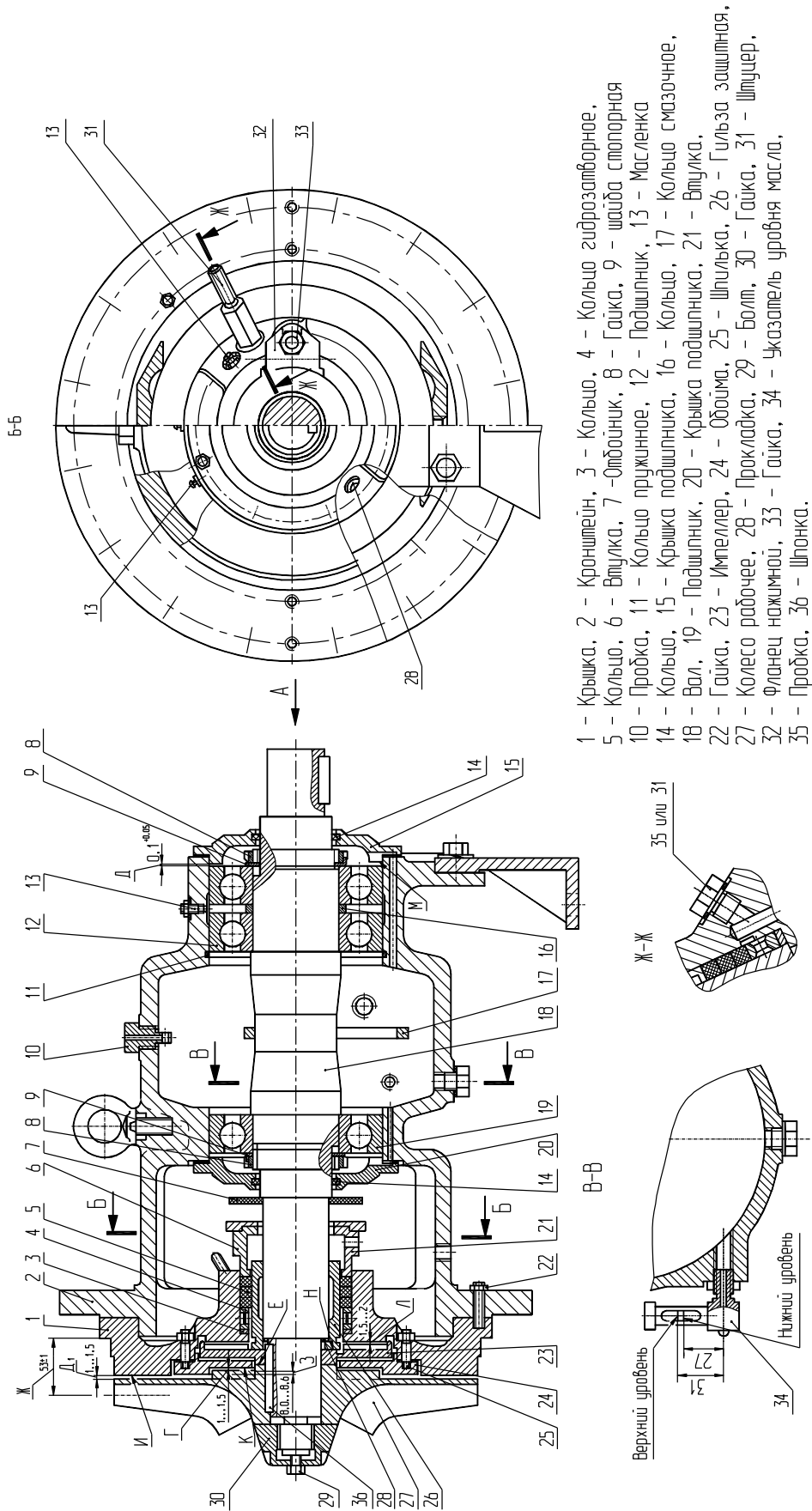
Насоси відцентрові консольні типу СКО застосовують для виробництва цукру, для потреб комунально-житлових підприємств та інших галузей промисловості. Перекачуване цими насосами середовище: суспензії із вмістом взвішених частинок до 30% за масою, соки, сиропи, вапнякове молоко, вода та інші подібні технологічні рідини.

Конструкція насосів цього типу: насос горизонтальний, консольний з осьовим підведенням перекачуваної рідини. Базовою деталлю насоса є корпус спіральний з опорними лапами. Напірний патрубок насоса розташований вертикально вгору. Встановлення комбінованого кінцевого ущільнення суттєво знижує зовнішні витрати. Необхідне під час перекачування кристалічних середовищ (наприклад, цукрового сиропу) промивання насоса після зупинення здійснюють за допомогою пари без його розбирання. У якості опор ротора застосовують підшипники кочення. Змащування за вибором споживача – рідке або консистентне. Розвантаження підшипників від осьових навантажень здійснює імпелер. Привод насоса здійснюється через з'єднувальну пружну втулково-пальцеву муфту. Напрямок обертання ротора за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку приводу.

До корпусу насоса кріпиться виїмна частина 4, яка складається із статорних та роторних деталей. До фланця кронштейна, з боку півмуфти насоса, за допомогою болтів кріпиться стійка. За допомогою стійки та лап, виконаних на корпусі, насос кріпиться до фундаментної рами, звареної зі сталевого прокату. Основною деталлю виїмної частини є кронштейн, у розточеннях якого встановлені підшипники кочення, що у свою чергу є опорами ротора насоса. Ротор насоса складається з валу, робочого колеса, імпелера, захисної гільзи, півмуфти насоса, кріпильних та інших деталей.

У насосі встановлено комбіноване кінцеве ущільнення, яке складається з імпелера та сальникової набивки. Розрізні кільця м'якої сальникової набивки підискають букси.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						6
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



- 1 - Крышка, 2 - Кронштейн, 3 - Кольцо, 4 - Кольцо гидрозатворное, 5 - Кольцо, 6 - Втулка, 7 - Ободчик, 8 - Гайка, 9 - шайба стопорная, 10 - Пробка, 11 - Кольцо пружинное, 12 - Подшпик, 13 - Масленка, 14 - Кольцо, 15 - Крышка подшипника, 16 - Кольцо, 17 - Кольцо смазочное, 18 - Вал, 19 - Подшпик, 20 - Крышка подшипника, 21 - Втулка, 22 - Гайка, 23 - ИмPELLер, 24 - Ободча, 25 - Шпилька, 26 - Гильза защитная, 27 - Колесо рабочее, 28 - Прокладка, 29 - Болт, 30 - Гайка, 31 - Штуцер, 32 - Фланец нажимной, 33 - Гайка, 34 - Указатель уровня масла, 35 - Пробка, 36 - Шпонка.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

131.05BP.000.00 ПЗ

Лист

7

1 Гідравлічні розрахунки

Розраховуємо коефіцієнт швидкості

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$
$$n_s = \frac{3,65 \cdot 3000 \sqrt{\frac{70}{3600}}}{48^{\frac{3}{4}}} = 92$$

1.1 Розрахуємо повний ККД насоса:

$$\eta = \eta_z \cdot \eta_o \cdot \eta_m, \quad (1.1)$$

де η_z - гідравлічний ККД; [1, ст.27]

$$\eta_z = 1 - \frac{0,42}{(\ln D_{1np} - 0,172)^2}, \quad (1.2)$$

де D_{1np} - приведений діаметр входу, мм; [1, ст. 28]

$$D_{1np} = k_{ex} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_p}{n}}, \quad (1.3)$$

де k_{ex} - коефіцієнт входу (приймаємо $k_{ex} = 4,1$); [1, ст. 28]

Q_p - дійсна подача, m^3/c ;

$$Q_p = \frac{Q}{\eta_o}; \quad (1.4)$$

η_o - об'ємний ККД (0,9-0,98); [1, ст. 27, 111]

$$\frac{1}{\eta_o} = 1 + 0,68 \cdot n_s^{-2/3}, \quad (1.5)$$

$$\eta_o = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot 81^{-2/3}} = 0,96.$$

Згідно з формулою (4):

$$Q_p = \frac{50}{0,96} = 52,08 m^3 / год.$$

Із формулою (3)

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{гпр} = 4,1 \cdot \sqrt[3]{\frac{52,08 / 3600}{3000}} = 69 \text{ мм} .$$

Далі знаходимо гідравлічний ККД:

$$\eta_c = 1 - \frac{0,42}{(\ln 69 - 0,172)^2} = 0,97 ;$$

η_m - механічний ККД, який складається з внутрішнього та зовнішнього (0,95-0,99); [1, ст. 27, 115]

$$\frac{1}{\eta_{м.вн}} = 1 + \frac{820}{n_s^2} , \quad (1.6)$$

$$\eta_{м.вн} = \frac{1}{1 + \frac{820}{81^2}} = 0,89 .$$

Підставляємо отримані значення ККД у формулу (1)

$$\eta = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,95 \cdot 0,89 = 0,79 .$$

1.2 Виконаємо попередній розрахунок потужності насоса:

$$N = (\rho \cdot g \cdot Q \cdot H) / \eta , \quad (1.7)$$

$$N = (1320 \cdot 9,81 \cdot (50 / 3600) \cdot 40) / 0,79 = 9,1 \text{ кВт} .$$

1.2 Побудова меридіанної проекції проточної частини

1.2.1 Знайдемо діаметр вала під робоче колесо [1, ст.28]:

$$d_g = (130 \div 160) \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}} , \quad (1.8)$$

$$d_g = (130 \div 160) \cdot \sqrt[3]{\frac{9,1}{3000}} = (19 \div 23) \text{ мм}$$

Приймаємо $d_g = 22 \text{ мм}$. [2, ст.161]

1.2.2 Визначимо колову швидкість на виході з робочого колеса:

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (1.9)$$

$$U_2 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 40} = 28 \text{ м/с}.$$

1.2.3 Визначимо діаметр колеса на виході (для $n_s \leq 100$) [1, ст. 28]:

$$D_2 = 19,1 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}{n}, \quad (1.10)$$

$$D_2 = 19,1 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 40}}{3000} = 0,178 \text{ м} = 178 \text{ мм}.$$

1.2.4 Знайдемо діаметр вхідної воронки [1, ст. 28]:

$$D_{1np} = \sqrt{D_0^2 - d_{em}^2}, \quad (1.11)$$

$$D_0 = \sqrt{D_{1np}^2 + d_{em}^2}, \quad (1.12)$$

де d_{em} - діаметр втулки, мм;

$$d_{em} = (1,2 \div 1,25) \cdot d_s, \quad (1.13)$$

$$d_{em} = (1,2 \div 1,25) \cdot 22 = (26,4 \div 27,5) \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{em} = 28 \text{ мм}$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді

$$D_0 = \sqrt{69^2 + 28^2} = 75 \text{ мм.}$$

1.2.5 Ширину робочого колеса b_2 визначимо з рівності площ входу і виходу:

$$b_2 = \frac{D_0^2 - d_{\text{ем}}^2}{4 \cdot D_2}, \quad (1.14)$$

$$b_2 = \frac{75^2 - 28^2}{4 \cdot 178} = 6,8 \text{ мм.}$$

1.2.6 Проводимо уточнений розрахунок робочого колеса (визначаємо D_0) [1, ст.

28]:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot \nu_0} + d_{\text{ем}}^2}, \quad (1.15)$$

де ν_0 - швидкість рідини на вході, м/с;

$$\nu_0 = (0,06 \div 0,08) \cdot \sqrt[3]{Q_p \cdot n^2}, \quad (1.16)$$

$$\nu_0 = (0,06 \div 0,08) \cdot \sqrt[3]{\frac{52,08}{3600} \cdot 3000^2} = (3,04 \div 4,05) \text{ м/с}$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v_0 = \frac{4 \cdot Q_p}{3600 \cdot \pi \cdot D_{\text{вх}}^2}$$

$$v_0 = \frac{4 \cdot 52,08}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,069^2} = 3,87 \text{ м/с}$$

тоді:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot (52,08 / 3600)}{3,14 \cdot 3,87} + \left(\frac{28}{1000}\right)^2} = 0,075 \text{ м} = 75 \text{ мм.}$$

1.2.7 Попередньо визначаємо положення вхідної кромки лопаті:

$$D_1 = 0,8 \cdot D_0, \quad (1.17)$$

$$D_1 = 0,8 \cdot 75 = 60 \text{ мм.}$$

1.2.8 Визначаємо ширину лопаті на вході b_1 :

$$b_1 = (1,0 \div 2,5) \cdot \frac{D_0}{4} \cdot \left(1 - \frac{d_{\text{вх}}}{D_0}\right), \quad (1.18)$$

$$b_1 = (1,0 \div 2,5) \cdot \frac{75}{4} \cdot \left(1 - \frac{28}{75}\right) = (18,66 \div 46,64) \text{ мм.}$$

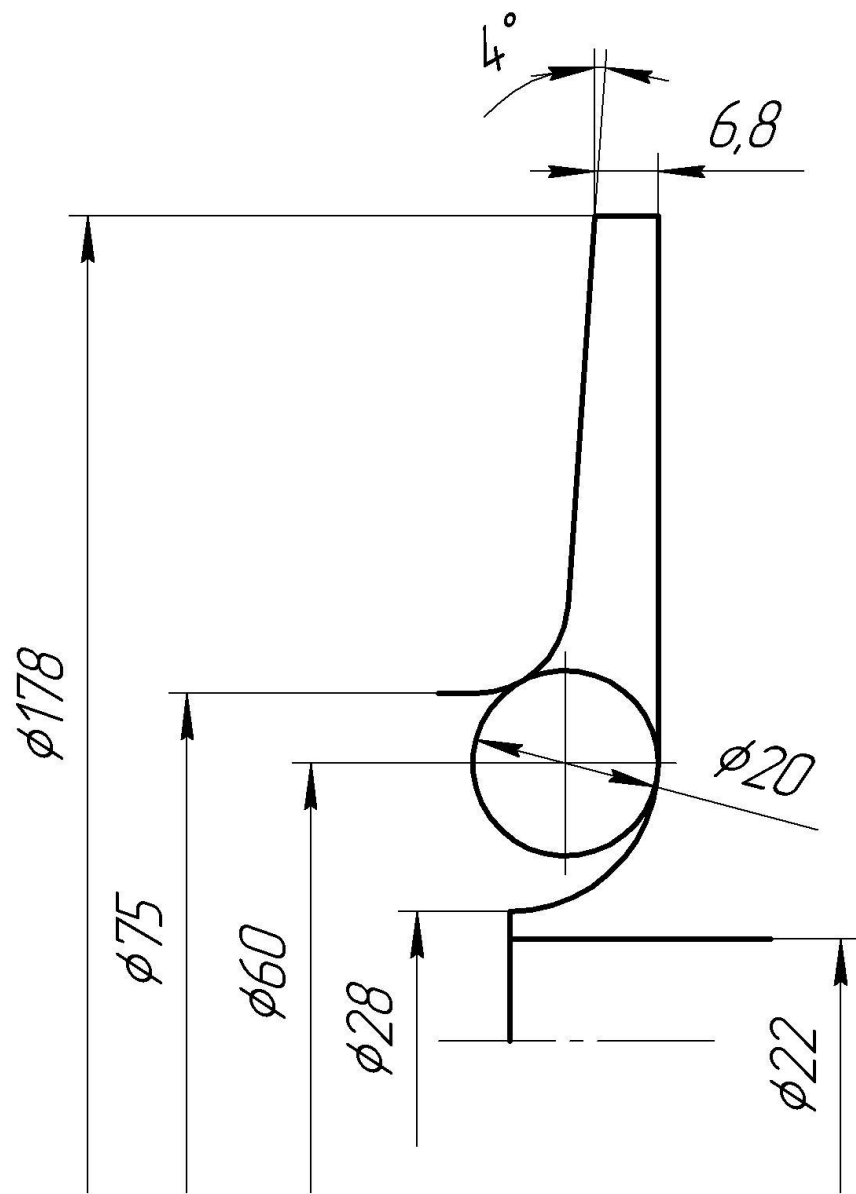
$$b_1 = \frac{Q_p}{\pi \cdot D_1 \cdot V_{\text{вх}} \cdot 3600}$$

$$b_1 = \frac{52,08}{3,14 \cdot 60 \cdot 3,87 \cdot 3600} = 20 \text{ мм}$$

Приймаємо $b_1 = 20 \text{ мм}$.

1.2.9 Будуємо меридіанну проекцію проточної частини робочого колеса (рисунок 1.1).

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

131.05BP.000.00 ПЗ

Лист

13

1.3 Визначення геометричних параметрів на вході в робоче колесо

1. Знайдемо меридіанну складову абсолютної швидкості:

$$V_{1m} = \psi_1 \cdot V'_{1m}, \quad (1.19)$$

де $V'_{1m} = v_0 = 3,87 \text{ м/с}$;

ψ_1 - коефіцієнт стиснення потоку на вході, $\psi_1 = 1,15 \div 1,3$. Приймаємо $\psi_1 = 1,3$.

$$V_{1m} = 1,3 \cdot 3,87 = 5,031 \text{ м/с}.$$

2. Визначаємо кут установки лопаті на вході:

$$\beta_1 = \beta_{1n} + \Delta\beta, \quad (1.20)$$

де β_{1n} - кут потоку на вході;

$$\beta_{1n} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1 - V_{1u}}, \quad (1.21)$$

де $V_{1u} = 0$;

U_1 - колова швидкість на вході, м/с;

$$U_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot r_1,$$

$$U_1 = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} \cdot 0,03 = 9,42 \text{ м/с} \quad (1.22)$$

$$\beta_{1n} = \arctg \frac{5,031 \cdot 30}{3,14 \cdot 3000 \cdot 0,03} = 28,09^\circ;$$

$\Delta\beta$ - кут атаки, $\Delta\beta = 3 \div 8^\circ$, приймаємо $\Delta\beta = 8^\circ$;

$$\beta_1 = 28,09 + 8 = 36,09^\circ.$$

3. Приймаємо 7 лопатей, товщиною $S=5 \text{ мм}$.

4. Уточнюємо коефіцієнт стиснення потоку:

$$\psi'_1 = \frac{t_1}{t_1 - \left(\frac{S_1}{\sin \beta_1}\right)}, \quad (1.23)$$

де t_1 - відстань між сусідніми лопатями, мм;

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{z}, \quad (1.24)$$

$$t_1 = \frac{3,14 \cdot 60}{7} = 26,91 \text{ мм};$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\psi_1' = \frac{26,91}{26,91 - \left(\frac{5}{\sin 36,09}\right)} = 1,46.$$

$$|\psi_1' - \psi_1| \leq 0,01, \text{ то } |1,46 - 1,3| \geq 0,01.$$

Приймаємо $\psi_1 = 1,46$

$$V_{1m} = 1,46 \cdot 3,87 = 5,65 \text{ м/с}.$$

5. Визначаємо кут установки лопаті на вході:

$$\beta_1 = \beta_{1n} + \Delta\beta, \quad (1.20)$$

де β_{1n} - кут потоку на вході;

$$\beta_{1n} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1 - V_{1u}}, \quad (1.21)$$

де $V_{1u} = 0$;

U_1 - колова швидкість на вході, м/с;

$$U_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot r_1,$$

$$U_1 = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} \cdot 0,03 = 9,42 \text{ м/с}, \quad (1.22)$$

$$\beta_{1n} = \arctg \frac{5,65 \cdot 30}{3,14 \cdot 3000 \cdot 0,03} = 30,94^\circ;$$

$\Delta\beta$ - кут атаки, $\Delta\beta = 3 \div 8^\circ$, приймаємо $\Delta\beta = 5^\circ$;

$$\beta_1 = 30,94 + 5 = 35,94^\circ.$$

6. Приймаємо 7 лопатей, товщиною $S=5$ мм.

7. Уточнюємо коефіцієнт стиснення потоку:

$$\psi_1' = \frac{t_1}{t_1 - \left(\frac{S_1}{\sin \beta_1}\right)}, \quad (1.23)$$

де t_1 - відстань між сусідніми лопатями, мм;

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{z}, \quad (1.24)$$

$$t_1 = \frac{3,14 \cdot 60}{7} = 26,91 \text{ мм};$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\psi_1' = \frac{26,91}{26,91 - \left(\frac{5}{\sin 35,94}\right)} = 1,47.$$

$$|\psi_1' - \psi_1| \leq 0,01, \text{ то } |1,47 - 1,46| \leq 0,01.$$

1.4 Визначення геометричних параметрів на виході з робочого колеса

Діаметр колеса на виході (для $n_s \leq 100$):

$$D_2 = 178 \text{ мм.}$$

Визначаємо меридіанну швидкість без урахування стиснення потоку лопатями:

$$V_{2m}' = (0,5 \div 1,0) \cdot V_{1m}', \quad (1.26)$$

$$V_{2m}' = (0,5 \div 1,0) \cdot 3,87 = (1,94 \div 3,87) \text{ м/с.}$$

Приймаємо $V_{2m}' = 2 \text{ м/с.}$

Визначаємо кут нахилу лопаті на виході [1, ст. 30]:

$$\beta_2 = \arcsin\left(\frac{\psi_2}{\psi_1} \cdot \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{V_{2m}'}{V_{1m}'} \cdot \sin \beta_1\right), \quad (1.27)$$

де ψ_2 - коефіцієнт стиснення потоку на виході з РК, $\psi_2 = (1,05 \div 1,1)$.

Приймаємо $\psi_2 = 1,05$.

$\frac{W_1}{W_2}$ - приймаємо виходячи з монограми [1, ст.30, рис.15] $\frac{W_1}{W_2} = 1,45$;

$$\beta_2 = \arcsin\left(\frac{1,05}{1,46} \cdot 1,45 \cdot \frac{2}{3,87} \cdot \sin 35,94\right) = 18,44^\circ.$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Уточнюємо D_2 і b_2 з урахуванням кінцевого числа лопатей. Знаходимо колову швидкість на виході з робочого колеса:

$$U_2 = \frac{V_{2m}}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_2} + \sqrt{\left(\frac{V_{2m}}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_2}\right)^2 + g \cdot H_{T\infty} + V_{1U} \cdot U_1}, \quad (1.28)$$

де V_{2m} - меридіанна складова абсолютної швидкості, м/с;

$$V_{2m} = \psi_2 \cdot V'_{2m},$$

$$V_{2m} = 1,05 \cdot 2 = 2,1 \text{ м/с};$$

$H_{T\infty}$ - напір, м;

$$H_{T\infty} = \frac{H}{\eta_z \cdot k_z}, \quad (1.29)$$

де k_z - поправка на кінцеве число лопатей;

$$k_z = \frac{1}{1+p}; \quad (1.30)$$

$$p = 2 \cdot \frac{\psi}{z} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2}; \quad (1.31)$$

$$\psi = (0,55 \div 0,65) + 0,6 \cdot \sin \beta_2, \quad (1.32)$$

$$\psi = (0,55 \div 0,65) + 0,6 \cdot \sin 18,44 = 0,740 \div 0,840.$$

Приймаємо $\psi = 0,79$.

Тоді

$$p = 2 \cdot \frac{0,79}{7} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{60}{178}\right)^2} = 0,255;$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_z = \frac{1}{1+0,255} = 0,797;$$

$$H_{T\infty} = \frac{40}{0,97 \cdot 0,797} = 51,74 \text{ м.}$$

Підставляємо отримані значення у формулу (1.28)

$$U_2 = \frac{2,1}{2 \cdot \text{tg}18,44} + \sqrt{\left(\frac{2,1}{2 \cdot \text{tg}18,44}\right)^2 + 9,81 \cdot 51,74 + 0 \cdot 9,42} = 25,9 \text{ м/с.}$$

Знаходимо D_2 і b_2 :

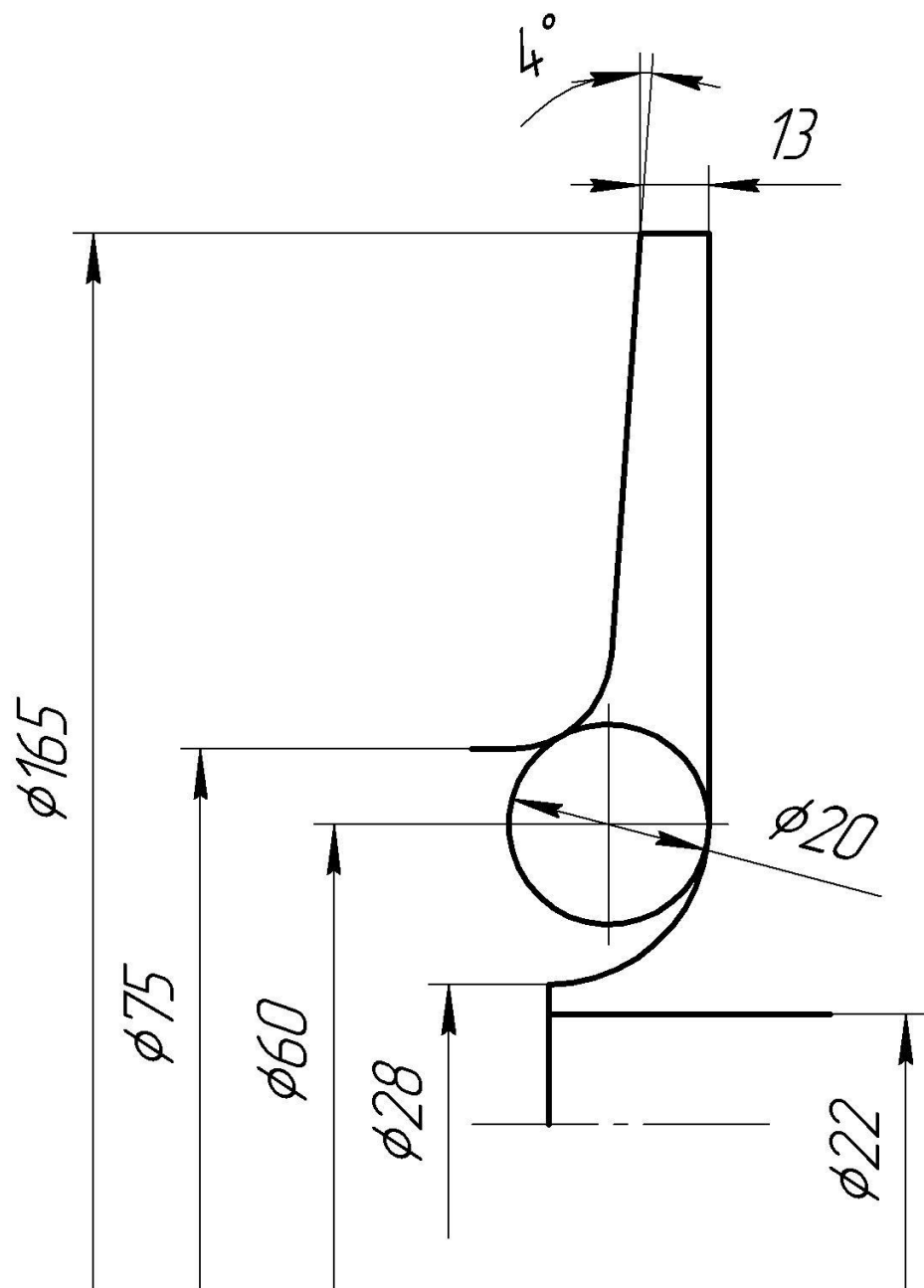
$$D_2 = \frac{60 \cdot U_2}{\pi \cdot n}, \quad (1.33)$$

$$D_2 = \frac{60 \cdot 25,9}{3,14 \cdot 3000} = 0,165 \text{ м} = 165 \text{ мм},$$

$$b_2 = \frac{Q_p}{\pi \cdot D_2 \cdot v_{2m}}, \quad (1.34)$$

$$b_2 = \frac{52,08}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,165 \cdot 2,1} = 13 \text{ мм.}$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

131.05BP.000.00 ПЗ

Лист

19

1.5 Проектування меридіонального перерізу робочого колеса

Кут нахилу покривного диску допускається $0 - 5^{\circ}$.

Площу на вході в робоче колесо знайдемо за формулою

$$F_{\text{вх}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - d_{\text{вм}}^2), \quad (1.35)$$

$$F_{\text{вх}} = \frac{3,14}{4} \cdot (75^2 - 22^2) = 4038 \text{ мм}^2.$$

Площа на виході:

$$F_{\text{вих}} = \pi \cdot D_2 \cdot b_2, \quad (1.36)$$

$$F_{\text{вих}} = 3,14 \cdot 165 \cdot 13 = 6739 \text{ мм}^2.$$

Визначимо F_i :

$$F_i = 2 \cdot \pi \cdot r_i \cdot b_i. \quad (1.37)$$

Будуємо меридіональний переріз (рисунок 1).

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

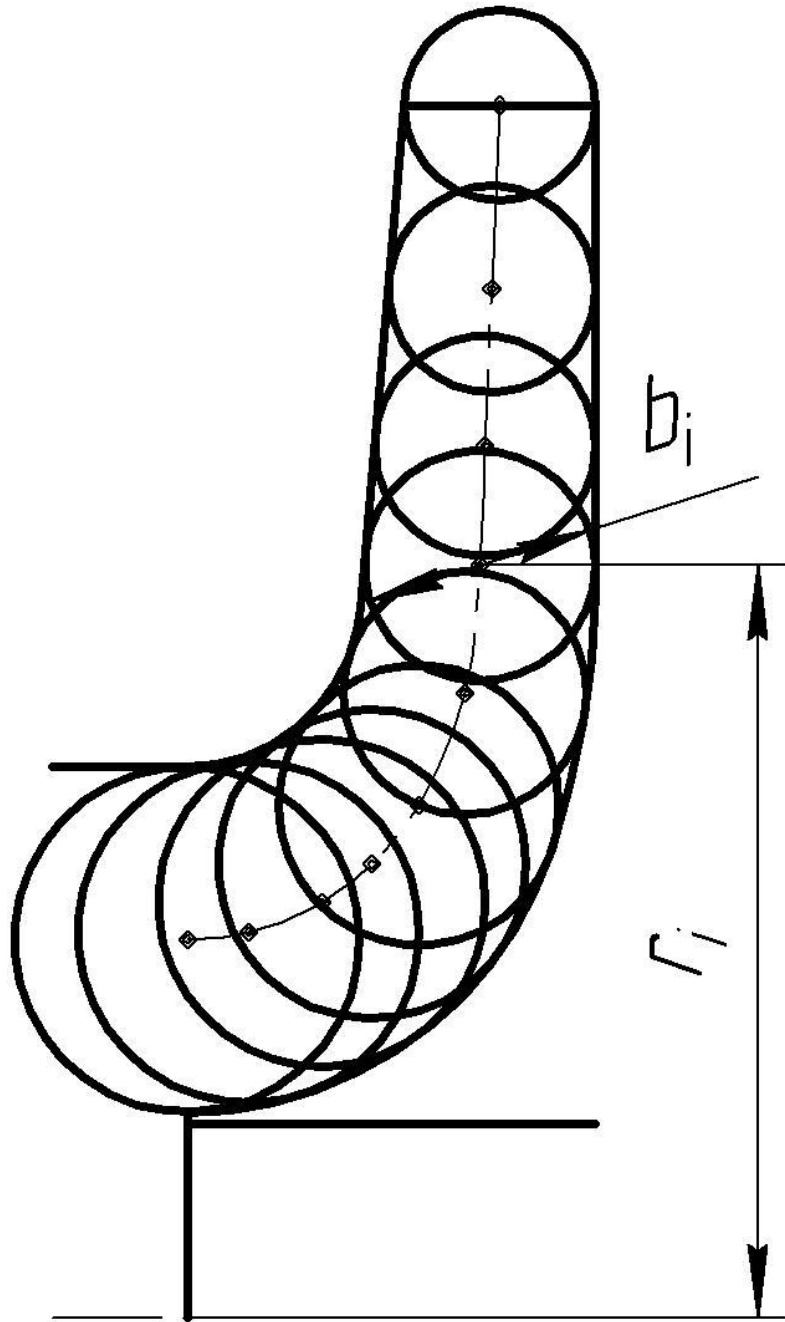


Рисунок 1. Проектування меридіонального перерізу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

131.05BP.000.00 ПЗ

Лист

21

Таблиця 1.1 – Дані для побудови меридіонального перерізу

№	r_i , мм	b_i , мм	l_i ,мм
1	26,8 6	24,6	0
2	27,3 6	24,3 7	5,33
3	29,3 6	23,4 1	6,47
4	31,9 8	22,1 4	5,42
5	35,9 1	20,1 9	6,23
6	44,6 3	17,6 6	9,37
7	52,2 9	16,8 1	9,82
8	60,4 3	16,0 5	9,27
9	70,0 7	15,1 8	11,7 8
10	83,6	14,0 5	13,6 4

Правильність побудови меридіонального перерізу перевіряємо за допомогою графіка.

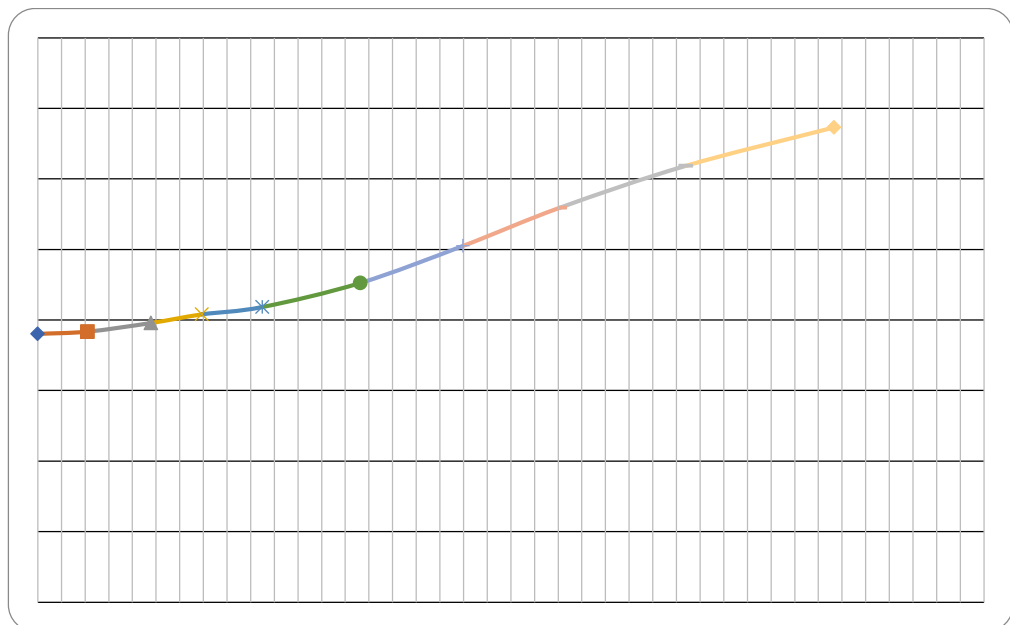


Рисунок 2 – Графік перевірки правильності побудови меридіонального перерізу

1.6 Розрахунок рівношвидкісного потоку

Будуємо еквіпотенціальні поверхні та визначаємо координати відповідних точок (рисунок 3). При побудові поверхонь повинна виконуватися умова ортогональності.

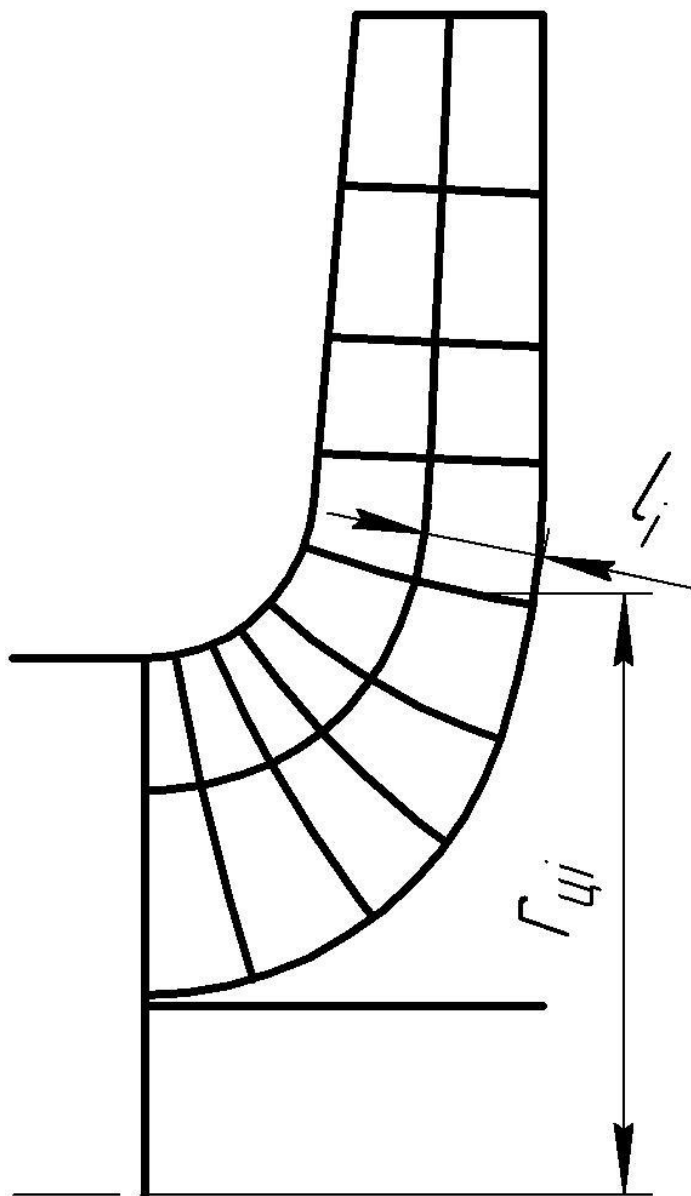


Рисунок 3 – Побудова еквіпотенціальних поверхонь

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Координати точок

№	r_i , мм	l_i , мм	$r_i \cdot l_i$, мм ²	$\delta l/l$
1	71,5 5	8,13	505,6	
2	71,2 8	8,14	504,2	0,39
1	70,9 3	8,56	556,8	
2	70,6 0	8,64	559,1	0,63
1	62,8 0	8,93	515,3	
2	62,4 6	8,97	514,7	0,26
1	45,1 5	9,21	467,8	
2	43,0 5	9,50	463,5	1,33
1	39,6 3	9,91	450,1	
2	34,8 2	10,0 8	447,2	0,96
1	36,9 6	10,3 1	430,9	
2	29,4 0	12,7 1	439,3	0,61
1	35,3 7	10,4 1	429,7	

2	25,7 7	13,8 6	425,5	1,43
1	34,2 8	10,3 1	416,3	
2	22,9 7	15,2 4	417,8	0,61

1.7 Профілювання лопаті

Для $n_s=92$:

- кількість потоків – 2;
- кількість розрахункових перерізів – 3
- кут $\Theta = 110^\circ$ (рисунок 1.6).

Профілювання проводимо по середній лінії течії. В якості відображаючої поверхні приймають циліндр. Для розрахунків приймають радіус циліндра $R_{к.ц.}=150-200$ мм. На розгортці комфортного циліндру проводимо лінії на відстані одна від іншої:

- вертикальні:

$$\Delta L = \frac{R_{к.ц.}}{c}, \quad (1.38)$$

де c – постійна, приймаємо $c=10$;

$$\Delta L = \frac{200}{10} = 20 \text{ мм};$$

- горизонтальні:

$$\Delta S = \frac{\pi \cdot R_{к.ц.} \cdot \Delta \varphi}{180^\circ}, \quad (1.39)$$

де $\Delta \varphi = 5 \div 10^\circ$. Приймаємо $\Delta \varphi = 10^\circ$;

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta S = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 10}{180} = 34,9 \text{ мм.}$$

Розбиваємо лінії тока на ділянки у відповідності до умови комфортності:

$$\frac{r_{cp_i}}{\Delta l_i} = \frac{R_{к.ц.}}{\Delta L} = const = c, \quad (1.40)$$

де $\frac{r_{cp_i}}{\Delta l_i} = 10 \pm 2,5\%$.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						26
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

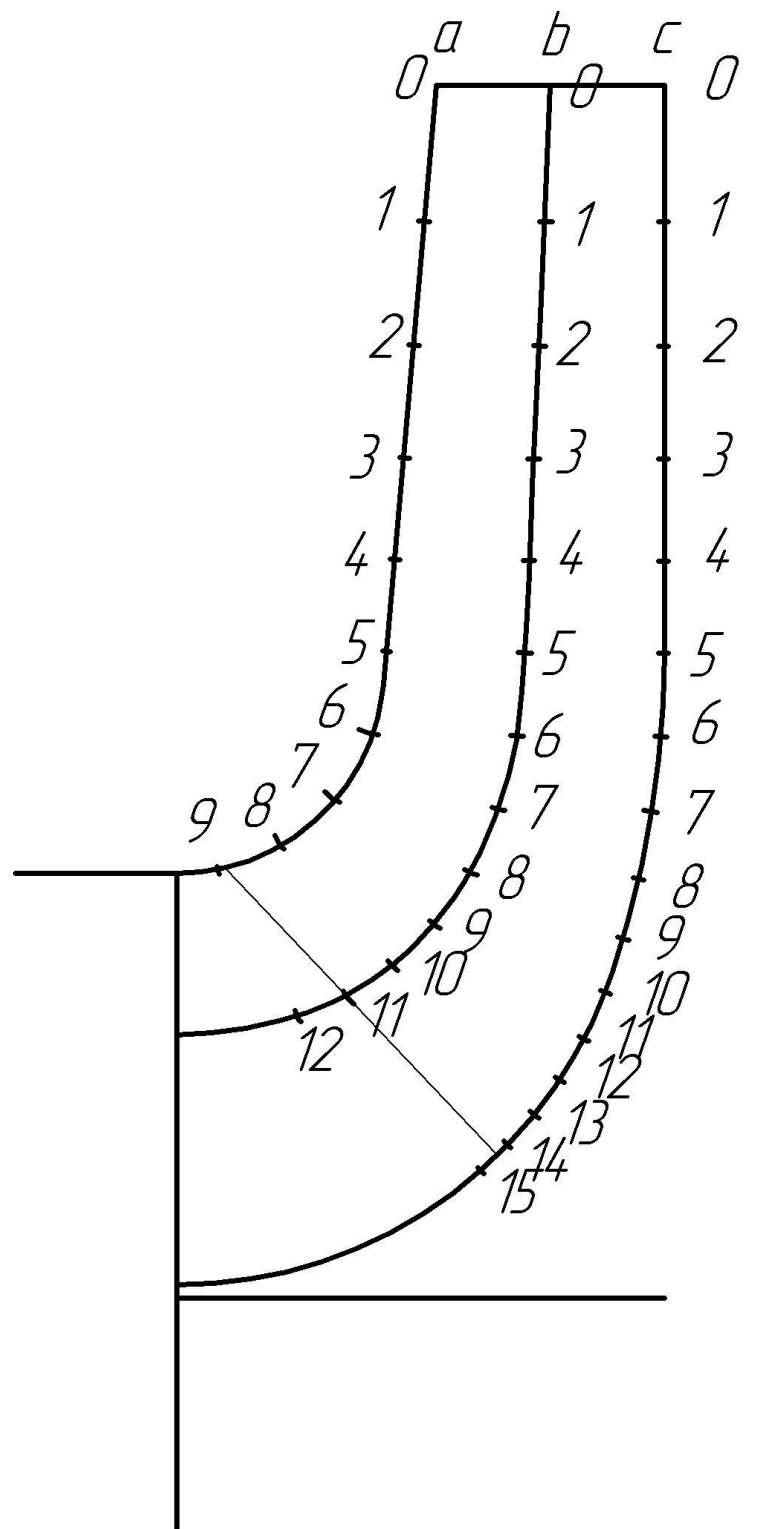


Рисунок 1.5 – Побудова конформного зображення

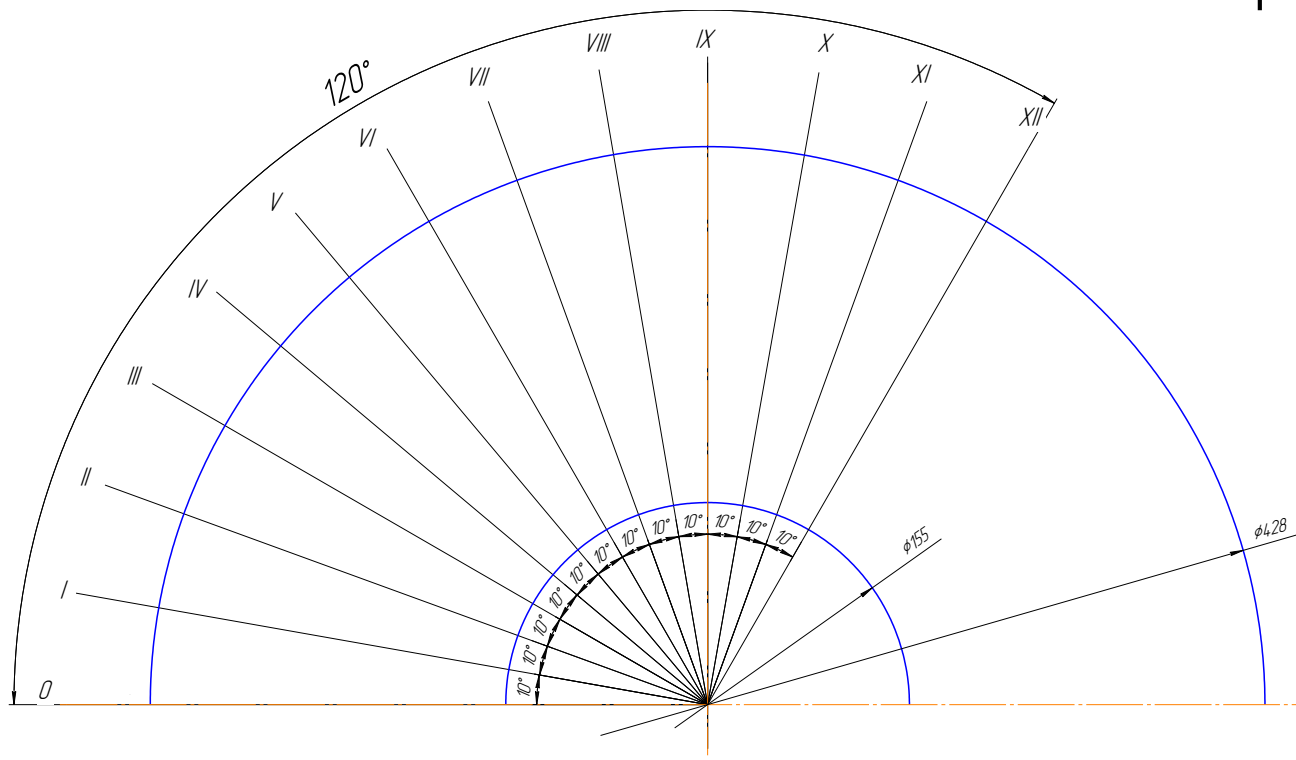


Рисунок 1.6 – Зображення променів та кутів

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Будуємо конформну діаграму (рисунок 1.7)

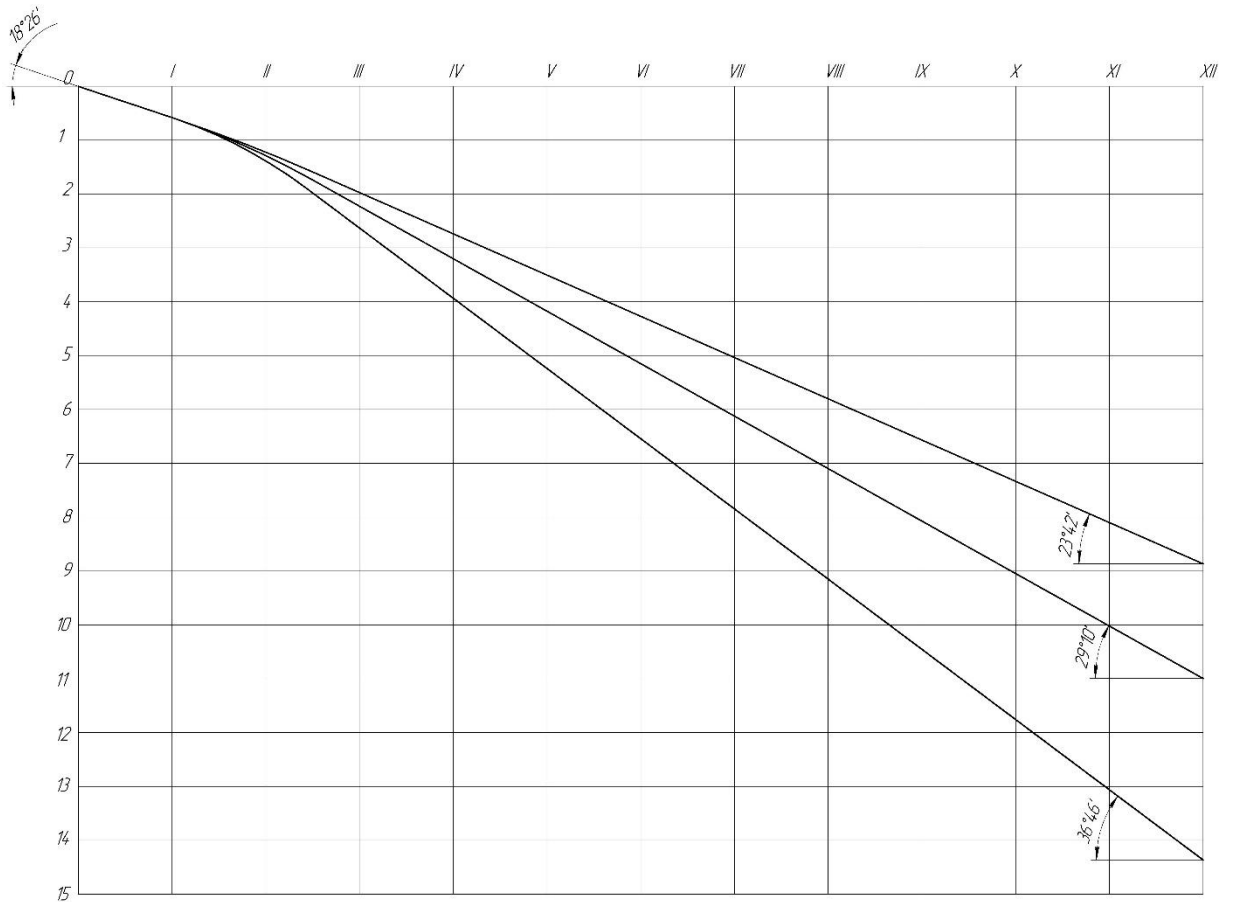


Рисунок 1.7 – Побудова конформної діаграми

Далі робимо креслення лопаті в плані (рисунок 1.8). Для цього скористаємося наступним відношенням

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta Y}{Y}, \quad (1.42)$$

де ΔX - відстань від горизонтальної лінії (0, 1, 2...16) до точки перетину кривої з відповідним промінем, мм;

X - відстань між сусідніми горизонтальними лініями, мм;

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Y - відстань між сусідніми точками середньої лінії течії на комфортному зображенні,

мм.

Із співвідношення (1.42) необхідно визначити величину ΔY , яка відповідає положенню точки p на меридіональній проекції. Потім знаходимо відстань від горизонтальної вісі до цієї точки. Даним радіусом робимо засічку на відповідному промені.

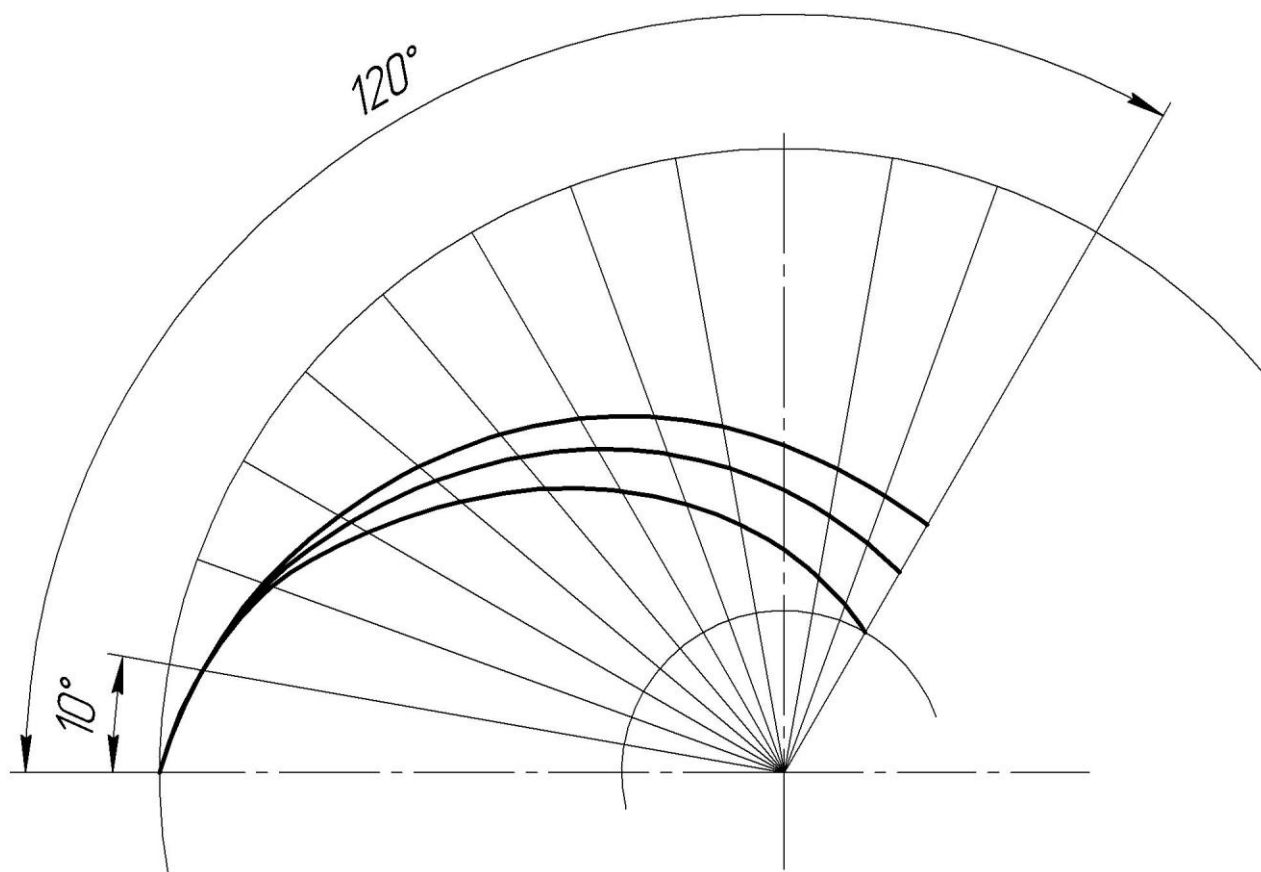


Рисунок 1.8 – Побудова лопаті в плані

2 Розрахунок гідродинамічних сил

3.3.1 Осьові сили, що діють на ротор.

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У робочому колесі одностороннього входу, через відсутність його симетрії відносно площини перпендикулярної осі обертання насоса, виникає неврівноважена гідравлічна сила, яка направлена по осі в сторону вхідної воронки колеса.

При складанні епюр тиску на зовнішніх сторонах дисків (див. рис.2) залишається неврівноважена частина епюри на кільцевій поверхні з радіусами r_{y1} та r_{y2} , яка і обумовлює наявність осьової сили T_1 . По осі насоса також діє динамічна сила T_2 , яка обумовлена натіканням потоку на колесо та зміною осьового напрямку його руху на радіальне. Для консольних насосів також необхідно враховувати осьову силу T_3 , яка обумовлена різницею тисків на торцях вала, [2].

Сумарна осьова сила, діюча на робоче колесо насоса:

$$T = T_1 - T_2 + T_3 \quad (24)$$

де T_1 - сила, викликана нерівномірністю розподілу тисків на основному та покривному дисках робочого колеса, Н;

T_2 – динамічна сила, обумовлена натіканням потоку рідини на колесо та зміною осьового напрямку його руху на радіальний, Н;

T_3 – сила, обумовлена різницею тисків на торцях вала, Н.

Осьова сила T_1 :

$$T_1 = \gamma \pi (r_{y1}^2 - r_{y2}^2) \left[H_p - \frac{\omega^2}{8g} \left(r_2^2 - \frac{r_{y1}^2 + r_{y2}^2}{2} \right) \right], \quad (25)$$

Де γ – питома вага рідини, Н/м³;

r_{y1} , r_{y2} – радіуси переднього та заднього ущільнень, м.

з креслень $r_{y1} = 0,080$ м, $r_{y2} = 0,040$ м.

$$\dot{Q}_1 = 9790 \cdot 3,14 (0,075^2 - 0,035^2) \left[51,74 - \frac{314^2}{8 \cdot 9,81} \left(0,0825^2 - \frac{0,075^2 + 0,035^2}{2} \right) \right] = 6427 \text{ Н}$$

Осьова сила T_2 , [1]:

$$T_2 = \rho Q v_0, \quad (26)$$

де v_0 - швидкість потоку у робочому колесі м/с².

Швидкість потоку, [9]:

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_0 = \frac{4Q}{\pi D_{1np}}, \quad (27)$$

$$V_0 = \frac{4 \cdot 50}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,069^2} = 3,7 \text{ м/с}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 3,7}{3600} = 51 \text{ л/с}$$

Осьова сила T_3 , [2]:

$$T_3 = \frac{\pi d_{em}^2}{4} (P_{атм} - P_{ex}), \quad (28)$$

$d_{em} = 0,025 \text{ м}$ - діаметр втулки робочого колеса ;

P_{ex} - тиск на вході у робоче колесо;

$P_{атм} = 101325 \text{ Па}$ - атмосферний тиск.

$$P_{ex} = P_{н.н} + \rho g \Delta h - \rho \frac{V_0^2}{2}, \quad (29)$$

Δh - кавітаційний запас, м;

$P_{н.н}$ - тиск насичених парів при даній температурі;

При $t = 20^\circ \text{C}$ $P_{н.н} = 0,00234 \text{ Па}$.

Кавітаційний запас, [2]:

$$\Delta h = \lambda_1 \frac{V_0^2}{2g} + \lambda_2 \frac{W_1^2}{2g}, \quad (30)$$

де λ_1, λ_2 , - середнє значення коефіцієнтів при без ударному вході;

W_1 - відносна швидкість на вході, м/с;

Приймають: $\lambda_1 = 1,15$ та $\lambda_2 = 0,25$ [2].

Швидкість W_1 визначають з трикутника швидкостей (див. рис. 4)

$$W_1 = \frac{V_{1m}}{\sin \beta_1} \quad (31)$$

Де β_1 – кут установлення лопаті на вході в робоче колесо;

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

V_{1m} – меридіанна складова абсолютної швидкості на вході в робоче колесо, м/с.

Кут β_1 визначається з теоретичного креслення робочого колеса.

Меридіанна складова визначається з рівняння нерозривності:

$$V_{1m} = \frac{Q_{\delta\epsilon}}{\pi D_1 b_1} \quad (32)$$

де D_1 – діаметр вхідної воронки робочого колеса, м;

b_1 – ширина робочого колеса на вході, м.

$$D_1 = 0,080 \text{ м};$$

$$b_1 = 0,0250 \text{ м}.$$

$$\beta_1 = 37,28^\circ$$

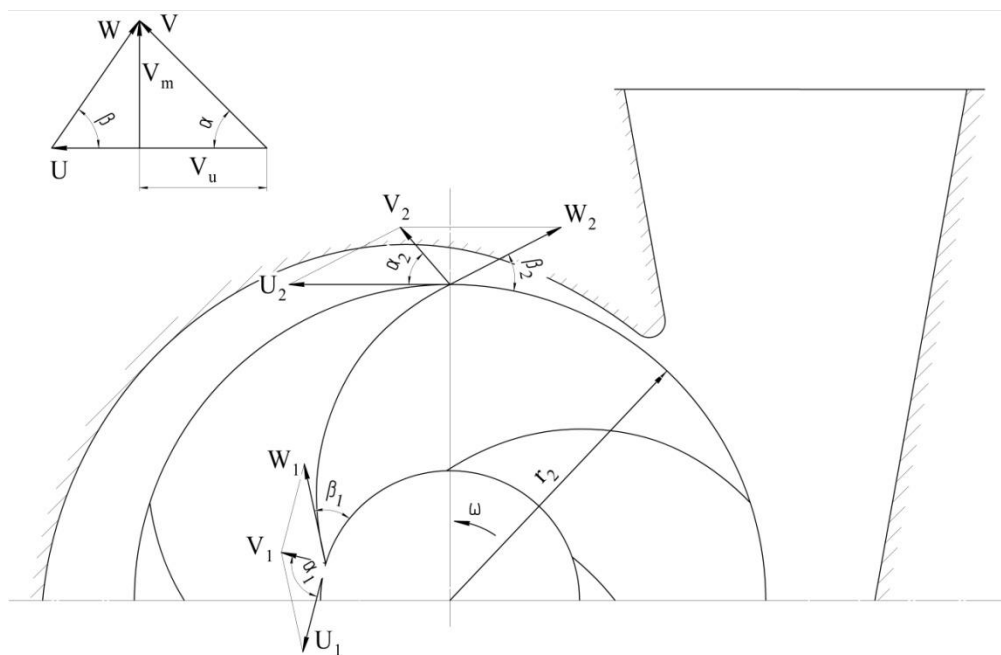


Рисунок 4 – Трикутники швидкостей в робочому колесі.

Розрахунок

$$V_{1m} = \frac{52,08}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,075 \cdot 0,0245} = 2,5 \text{ } / \tilde{n}$$

$$W_1 = \frac{2,5}{\sin 36,09^\circ} = 4,24 \text{ } / \tilde{n}$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta h = 1,2 \frac{3,7^2}{2 \cdot 9,81} + 0,3 \frac{4,24^2}{2 \cdot 9,81} = 1,11 \text{ м}$$

$$P_{\text{ао}} = 0,00234 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,11 - 1000 \frac{3,7^2}{2} = 4044 \text{ Н}$$

$$\dot{Q}_3 = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} (101325 - 4044) = 69 \text{ л/с}$$

$$\dot{Q} = T_1 - T_2 + T_3, \text{ Н.}$$

$$\dot{Q} = 6427 - 51 + 69 = 6445 \text{ л/с}$$

3.3.2 Радіальна сила.

Причини, що призвели до виникнення радіальної сили, можуть бути як механічного так і гідравлічного характеру. Гідродинамічна радіальна сила виникає внаслідок колової нерівномірності параметрів потоку на засмоктуючій та напірній сторонах робочого колеса., [1].

Рівнодіюча сил тиску, [2]:

$$R = K_R \left(1 - \frac{Q}{Q_{\text{opt}}} \right)^2 \gamma H D_2 b_2, \quad (33)$$

де $K_R \approx 0,36$ - експериментальний коефіцієнт, [1];

$Q_{\text{opt}} = 60 \text{ м}^3/\text{год}$ - подача при оптимальному режимі;

b_2 - ширина колеса, м.

Відповідно до креслення $b_2 = 0,024 \text{ м}$.

Радіальна сила буде мінімальною при $Q = Q_{\text{opt}}$. Максимального значення радіальна сила набуває при нульовій подачі насоса ($Q = 0$), тому і розрахунок краще проводити для нульової подачі. У зв'язку з цим максимальна радіальна сила буде розраховуватися з формулою:

$$R = K_R \gamma H D_2 b_2, \quad (34)$$

Напрямок сили R залежить від подачі та швидкохідності насоса. При

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q=Q_{ont}$ радіальна сила спрямована вгору в бік вузької частини спіралі. Для подальших розрахунків можна зробити припущення, що радіальна сила спрямована вертикально вгору.

$$R_{\max} = 0,36 \cdot 9790 \cdot 40 \cdot 0,165 \cdot 0,013 = 302 \text{ } \dot{\text{I}}$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						35
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 Розрахунки на міцність

3.1 Вибір електродвигуна

Як привід насоса вибирають електродвигун за таким параметром:

$$N_{\text{дв}} = k \cdot N, \quad (37)$$

$$N_{\text{дв}} = 1,2 \cdot 9,1 = 10,92 \text{ кВт}$$

де $k = 1,1-1,3$ – коефіцієнт запасу.

За відомою частотою обертання та розрахунковою потужністю з довідникової літератури вибирають тип та марку двигуна

Згідно [11] обираємо трьохфазний асинхронний коротко замкнутий електродвигун АМУ132М2УХЛЧ, у якого наступні параметри:

$$n_c = 3000 \text{ об/хв.};$$

$$n = 2970 \text{ об/хв.};$$

$$N = 11 \text{ кВт};$$

4 – порядковий номер серії

A – рід двигуна, асинхронний;

M – встановлюючий розмір;

2 – кількість полюсів;

У - кліматичне виконання;

ХЛ - категорія.

3.2 Розрахунок пускової моментної характеристики

Після вибору електродвигуна проводиться побудування графіка залежності моменту опору агрегату від частоти обертання.

Графік залежності моменту опору будується за трьома точками:

- початковий момент руху ($n_A = 0$ – точка А).
- мінімального моменту опору агрегату (точка В).
- повного розгону електродвигуна (n).

Початковий момент пуску агрегату ($n_A = 0$):

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\dot{I}_A = 0,21 \cdot \dot{I}_{i\dot{i}}, \quad (38)$$

де $\dot{I}_{i\dot{o}i} = \frac{N}{\omega}$ - номінальний момент на валу електродвигуна, Нм

$$\dot{I}_{\dot{m}i} = \frac{10920}{314} = 34,78 \dot{I} \cdot \dot{i} \quad (39)$$

$$\dot{I}_A = 0,21 \cdot 34,78 = 7,3 \dot{I} \cdot \dot{i}$$

Момент опору агрегату при повному розгоні електродвигуна:

$$\dot{I}_{\max} = \frac{N_{\max}}{\omega} \quad (40)$$

де N_{\max} – максимальна потужність насоса, Вт:

$$N_{\max} = N_{\dot{a}\dot{a}}.$$

$$M_{\max} = \frac{11000}{314} = 35,03 \dot{I} \cdot \dot{i}$$

Мінімальний момент опору відповідає точці В з координатами:

$$n_A = 0,3 \cdot n_{i\dot{i}}, \quad (41)$$

де $n_{\text{ном}}$ – номінальна частота обертання вала електродвигуна, об/хв;

$$\dot{i}_A = 0,3 \cdot 2970 = 891 \dot{a}\dot{a} / \dot{o}\dot{a}$$

$$\dot{I}_A = 0,03 \cdot \dot{I}_{\max}$$

$$M_B = 0,03 \cdot 35,03 = 1,05 \dot{I} \cdot \dot{i}$$

Коефіцієнт параболи визначається за величиною моменту при повному розвороті двигуна:

$$k = \frac{M_{\max}}{n^2}. \quad (42)$$

$$k = \frac{35,03}{3000^2} = 3,89 \cdot 10^{-6}$$

За визначеним коефіцієнтом параболи проводиться розрахунок обертового моменту насоса для частот від $n = 0$ до n_{\max} :

$$\dot{I} = kn^2$$

Результати розрахунку заносяться до табл. 1.

Графік пускового моменту будують таким чином:

за табл. 1. будують залежність $\dot{I} = f(n)$;

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точки А ($n_0; M_0$) та В ($n_B; M_B$) з'єднуються між собою відрізком;
отримані криві спрягаються плавною кривою.

Таблиця 1 – Пускова моментна характеристика

$n, \text{об/хв}$	0	200	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000
$M, \text{Нм}$	0	0,27	2,5	4,95	8,73	13,7	19,94	27,41	36,12

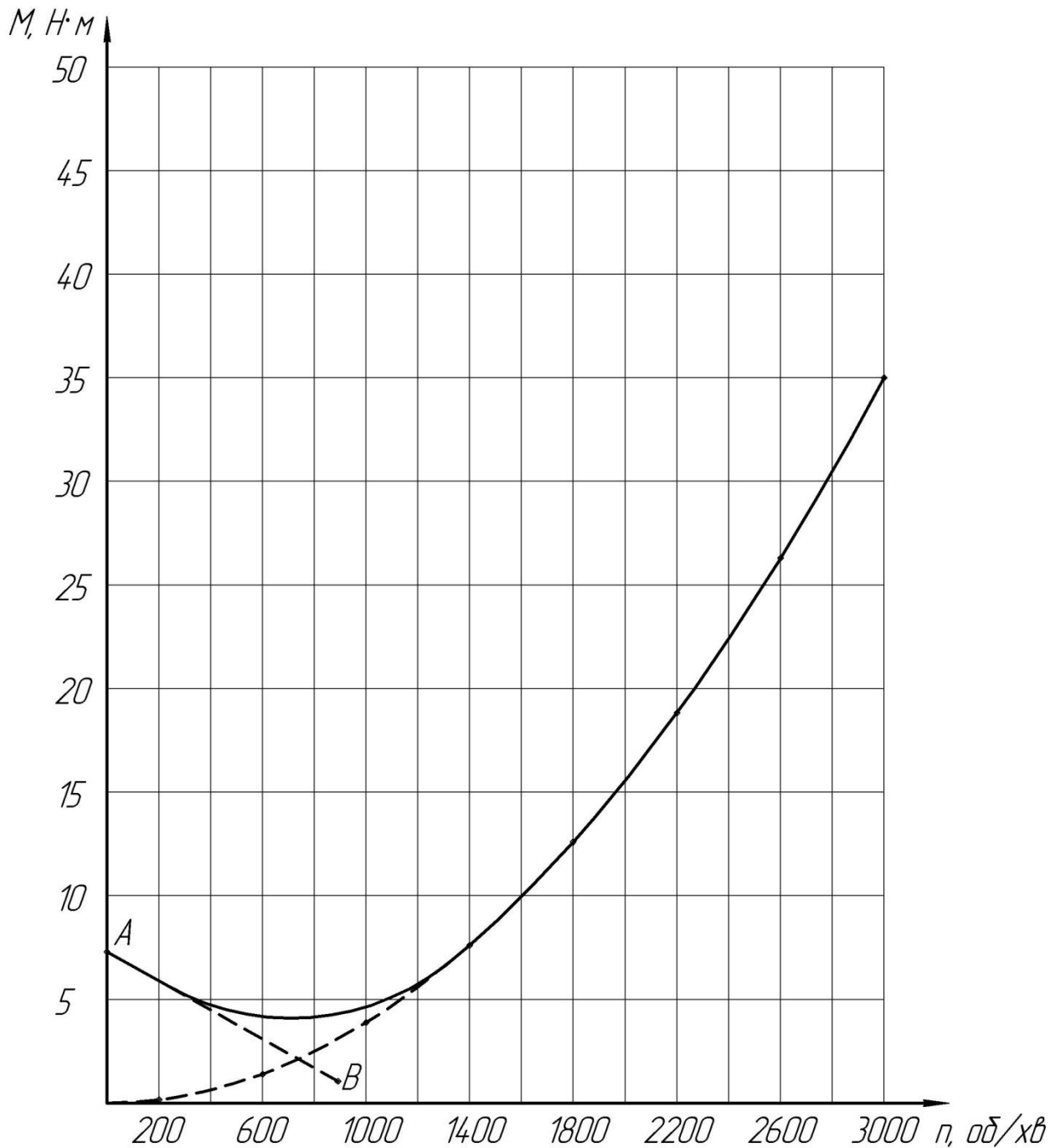


Рисунок 5 – Пускова моментна характеристика насосного агрегату

3.3 Конструювання вала

Конструювання вала починається з визначення його діаметрів.

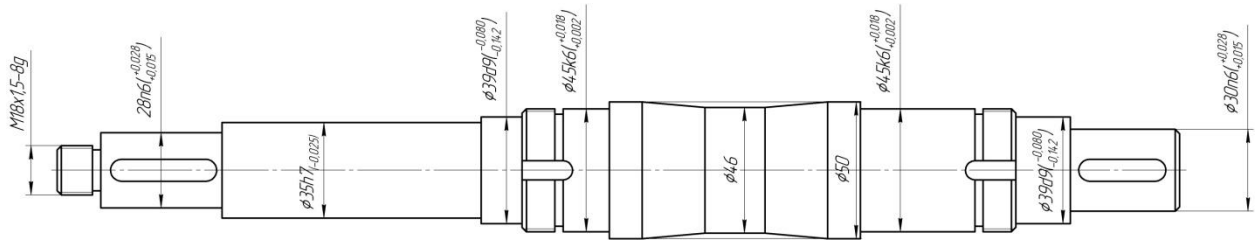


Рисунок 6 – Розміри діаметрів вала насоса

Діаметр вала під робочим колесом (м) визначаються з розрахунку на кручення за формулою

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \dot{I}_{\max}}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (43)$$

де $[\tau] = (10 \div 30) \cdot 10^6$ – дотичне напруження при крученні, Па.

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 35,03}{3,14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0,027$$

Діаметр приймаємо $d_k = 30$ мм.

Діаметр вала під захисну втулку, мм:

$$d_{ad} = 28 + 35 = 35 \text{ мм}$$

Діаметр вала під напівмуфту, мм:

$$d_i = 0,8 \div 1,2 d_{ad}$$

де $d_{дв}$ – вихідний кінець вала обраного двигуна, мм.

$$d_{дв} = 30 \text{ мм}$$

$$d_i = 0,8 \div 1,2 \cdot 28 = 22,4 \div 33,6 \text{ мм}$$

Діаметр приймаємо $d_m = 32$ мм.

Діаметр вала під манжету, розміщену у кришці підшипника:

$$d_{e.i.} = d_i + (5 \div 10)$$

$$d_{e.i.} = 30 + (5 \div 10) = 35 \div 40 \text{ мм}$$

Діаметр приймаємо $d_{к.п.} = 40$ мм, згідно ГОСТу 8752-79.

									Лист
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	131.05BP.000.00 ПЗ				

Діаметр посадочної поверхні підшипника, мм:

$$d_i \geq d_{e,i} + 2 \cdot t,$$

Де $t = 3 \text{ мм}$ – висота буртика.

$$d_i \geq 39 + 2 \cdot 3 = 45 \text{ мм}$$

Діаметр приймаємо $d_n = 50 \text{ мм}$.

Діаметр буртика для упору підшипника, мм:

$$d_a \geq d_i + 3 \cdot r,$$

де $r = 3 \text{ мм}$ – координата фаски підшипника, що вибирається залежно від діаметра посадочної поверхні підшипника. вихідний кінець вала обраного двигуна, мм.

$$d_a \geq 45 + 3 \cdot 3 = 51 \text{ мм}$$

Діаметр приймаємо $d_o = 55 \text{ мм}$.

3.4 Розрахунок кінцевого ущільнення вала

Вибір типу ущільнення

У наведеній на рис. 1 конструкція насоса як кінцеве ущільнення вала застосовано ущільнення сальникового типу (рис. 7).

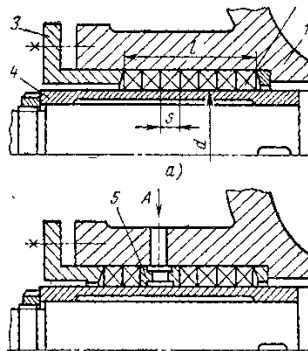


Рисунок 7 – Конструкція сальникового ущільнення

Ущільнення сальникового типу набули широкого застосування в насосах завдяки простоті конструкції. Як набивку найчастіше використовують паронітові шнури, скручені в кільця.

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сальникові ущільнення використовуються для тисків, що не перевищують 1,0 МПа. Для нормальної роботи сальникового ущільнення необхідно забезпечити змащування поверхонь, що труться та відведення тепла, що виділяється при терті. Тому зтяжка набивного ущільнення повинна бути такою, щоб через нього було забезпечено повного припинення протікань не допускається, тому що при цьому відбувається вигорання змазки ущільнення та пошкодження поверхонь, що контактують з набивкою.

Товщина кільця набивки сальника, мм:

$$S = \sqrt{d}, \quad (44)$$

де d – діаметр вала в місці набивання сальника, мм:

$$d = d_{\text{в}} + 10,$$

$$d = 45 + 10 = 55 \text{ мм}$$

$$S = \sqrt{55} = 7,4 \text{ мм}$$

Приймаємо $S = 6 \text{ мм}$

Довжина сальникового ущільнення, мм:

$$L = i \cdot s, \quad (45)$$

де i – кількість кілець набивки, шт. ($i = 4-6$).

$$L = 3 \cdot 6 = 18 \text{ мм}$$

Розрахунок потужності, споживаної в ущільненні

Втрати потужності в сальнику:

$$N_c = \omega \cdot \pi \cdot r^2 \cdot S \cdot p_0 \cdot \frac{\mu_1}{\mu_2} \left(e^{2\mu_2 \frac{L}{S}} - 1 \right), \quad (46)$$

де $r = \frac{d_{\text{в}}}{2} + 0,5$ – радіус захисної втулки, см;

$\mu_1 = 0,01 \div 0,02$ – коефіцієнт тертя набивки по поверхні захисної втулки;

$\mu_2 \approx 0,5$ – коефіцієнт тертя набивки по поверхні корпусу;

L та S підставляються в см, p_0 – в кгс/см².

$$N_c = 314 \cdot \pi \cdot 2,5^2 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot \frac{0,015}{0,5} \cdot \left(e^{-20,5 \cdot \frac{4}{0,6}} - 1 \right) = 67 \text{ Вт}$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Розрахунок вала

Основними задачами розрахунку валів є забезпечення об'ємної міцності, обмеження величини деформації згинання та кручення в найбільш небезпечну перерізі. Оскільки розрахунок та конструювання є процесами взаємозв'язаними, тому визначення необхідних розмірів виконується в три етапи. На першому – попередньому розрахунку – визначення реакцій, що діють в опорах вала. На другому етапі – наближеному – уточнюють основні розміри вала. На третьому – перевірному – визначають коефіцієнт запасу міцності, звіряють їх з допустимими та за необхідності вносяться корективи з метою приведення фактичних запасів міцності до допустимих.

Розрахунок реакції в опорах

При роботі насоса в робочому колесі виникає нерівноважена радіальна сила $R_1=R$ (див. рис. 8), що сприймається підшипниками насоса, в результаті чого в опорах виникають реакція (R_2, R_3).

Реакцію в опорах можна знайти використовуючи рівняння моментів відносно т. В і т. С.

Рівняння моментів відносно т. С:

$$\sum M_c = R_1(l_1 + l_2) - R_2 l_2 = 0. \quad (47)$$

де $l_1=155, l_2=130$ мм

З наведеного рівняння можна знайти величину R_2, H :

$$R_2 = \frac{R_1(l_1 + l_2)}{l_2}$$
$$R_2 = \frac{302 \cdot (156 + 126)}{126} = 676 \text{ Н}$$

Рівняння моментів відносно т. В:

$$\sum M_A = R_1 l_1 - R_3 l_2 = 0. \quad (48)$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З наведеного рівняння можна знайти величину R_3 , Н:

$$R_3 = \frac{R_1 l_1}{l_2}$$

$$R_3 = \frac{302 \cdot 156}{126} = 374 \text{ Н}$$

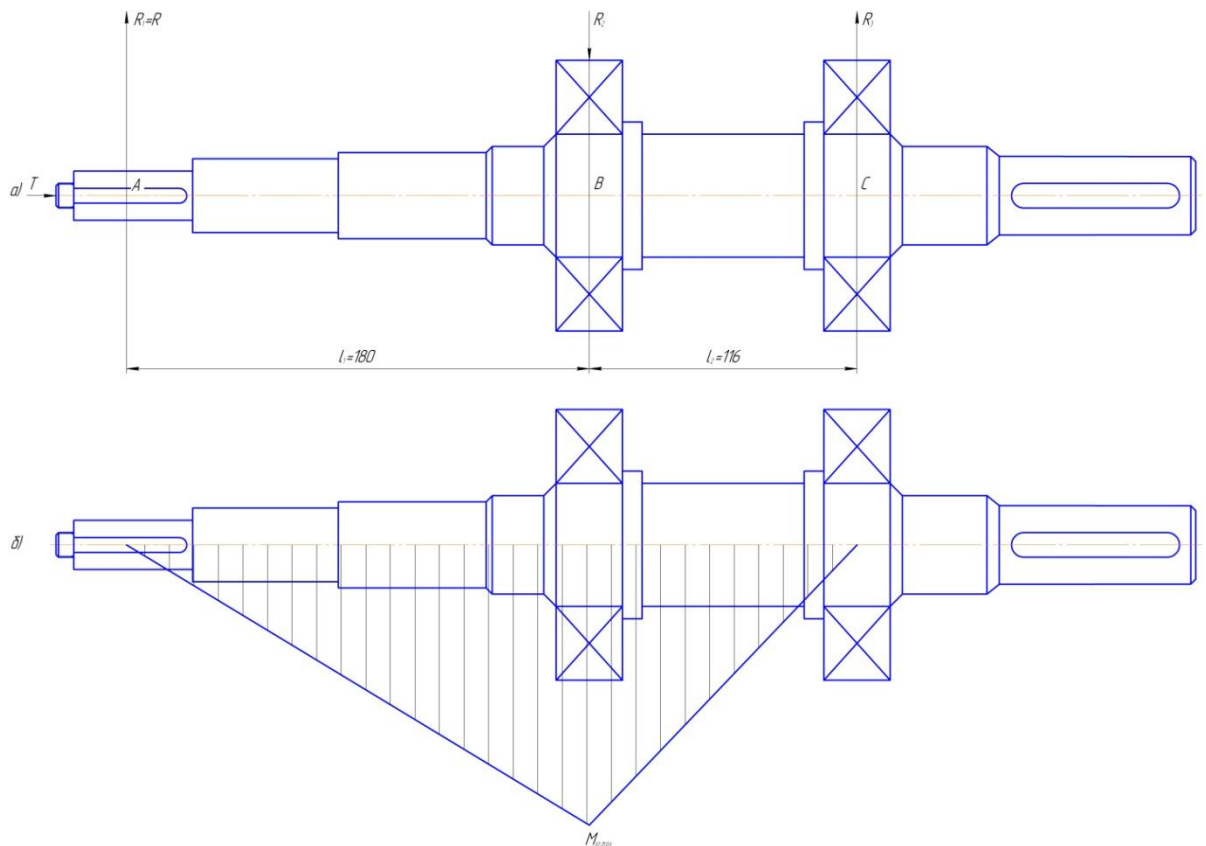


Рисунок 8 – Вал насоса:

а) схема навантаження; б) еюра згинальних моментів

Наближений розрахунок вала

Еквівалентний момент в найбільш небезпечному прерізі, Н·м.

$$M_E = \sqrt{M_{\text{зг. max}}^2 + 0,75M_{\text{max}}^2}, \quad (49)$$

де $M_{\text{зг. max}}$ – максимальний згинальний момент, Н·м.

Максимальний згинальний момент можна визначити

$$M_{\text{зг. max}} = R_1 l_1,$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\dot{i}_{\dot{\sigma}_{\max}} = 302 \cdot 0,156 = 85,2 \dot{I} \cdot \dot{i}$$

$$\dot{i}_{\dot{A}} = \sqrt{(85,2^2 + 0,75 \cdot 35,03^2)} = 90,4 \dot{I} \cdot \dot{i}$$

Діаметр вала в найбільш небезпечному перерізі, мм:

$$d_i \geq 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{\dot{I}_{\dot{A}}}{0,1 \cdot [\sigma]}}$$

(50)

де $[\sigma] = 40 \text{ МПа}$.

$$d_i \geq \sqrt[3]{\frac{90,4}{0,1 \cdot 40 \cdot 10^6}} = 0,028 \dot{i}$$

Умова виконується

Перевірний розрахунок вала

Розрахунок зводиться до перевірки умови міцності:

$$s = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{s_{\sigma}^2 + s_{\tau}^2}} \geq [s], \quad (51)$$

Де s – розрахунковий коефіцієнт запасу міцності;

$[s] = 2,5$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності;

s_{σ}, s_{τ} – коефіцієнт запасу за нормальними та дотичними напруженнями:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}, \quad (52)$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}, \quad (53)$$

Де σ_{-1}, τ_{-1} – межі витривалості матеріалу вала;

σ_a, τ_a і σ_m, τ_m – амплітуда та середнє напруження циклів;

$K_{\sigma} = 2,2, K_{\tau} = 1,41$ – ефективні коефіцієнти концентрації напружень;

$\varepsilon_{\sigma}, \varepsilon_{\tau}$ – масштабні коефіцієнти, $\varepsilon_{\sigma} = \varepsilon_{\tau}$;

$\psi_{\sigma} = 0,25 \div 0,3, \psi_{\tau} = 0,1$ – коефіцієнт постійної складової циклу.

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{-1} = 0,35 \cdot \sigma_{\dot{a}} + (70 \div 120) \dot{I} \dot{I} \dot{a},$$

де $\sigma_{\dot{a}} = 850 \text{ МПа}$ – межі міцності матеріалу вала (Сталь 40Х).

$$\sigma_{-1} = 0,35 \cdot 850 + (70 \div 120) = 368 \div 418 \dot{I} \dot{I} \dot{a},$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} \dot{I} \dot{I} \dot{a},$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot 390 = 226 \dot{I} \dot{I} \dot{a}.$$

$$\sigma_{\dot{a}} = \frac{\dot{I} \text{ca}_{\max}}{0,1 \cdot d_i^3}, \dot{I} \dot{I} \dot{a};$$

$$\sigma_{\dot{a}} = \frac{85,2}{0,1 \cdot 0,045^3} = 9,35 \dot{I} \dot{I} \dot{a}$$

$$\sigma_m = \frac{4\dot{O}}{\pi \cdot d_i^3}, \dot{I} \dot{I} \dot{a};$$

$$\sigma_m = \frac{4 \cdot 6445}{3,14 \cdot 0,045^3} = 90,1 \dot{I} \dot{I} \dot{a}$$

$$\tau_{\dot{a}} = \tau_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{\dot{I} \text{ca}_{\max}}{0,2 \cdot d^3}, \dot{I} \dot{I} \dot{a};$$

$$\tau_{\dot{a}} = \tau_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{35,03}{0,2 \cdot 0,045^3} = 0,96 \dot{I} \dot{I} \dot{a}$$

$$s_{\sigma} = \frac{390}{\frac{2,2}{0,7} \cdot 9,35 + 0,27 \cdot 90,1} = 7,26$$

$$s_{\tau} = \frac{226}{\frac{1,41}{0,7} \cdot 0,96 + 0,1 \cdot 0,96} = 111,3$$

$$s = \frac{7,26 \cdot 111,3}{\sqrt{7,26^2 + 111,3^2}} = 7,24 \geq [s]$$

Умова виконується

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6 Розрахунок шпонкового з'єднання

Розрахунок на міцність шпонкового з'єднання вала з колесом

Вихідні дані для розрахунку:

матеріал вала – *Сталь 40Х*;

матеріал шпонки – *Сталь 45*.

Розміри шпонки під робочим колесом вибирають зі стандартного ряду залежно від діаметра вала, мм: $b \times h \times l$.

Під час розрахунку шпонкового з'єднання вала з колесом визначається напруження на зминання, МПа:

$$\sigma_{\zeta i} = \frac{2 \cdot \dot{I}_{\max}}{d \cdot (h - t_1) \cdot (l - b)} \cdot 10^3 \leq [\sigma]_{\zeta i} \quad (54)$$

де $t_1 = 5$ мм – глибина паза вала;

$h = 8$ мм – висота шпонки;

$d = d_k = 30$ мм – діаметр вала;

$l = 40$ мм – довжина шпонки;

$b = 10$ мм – ширина шпонки.

Допустиме напруження на зминання:

$$[\sigma]_{\zeta i} = 0,5 \cdot \sigma_{0,2}, \quad (55)$$

де $\sigma_{0,2} = 355$ МПа – межа текучості матеріалу шпонки.

$$[\sigma]_{\zeta i} = 0,5 \cdot 343 = 172 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\zeta i} = \frac{2 \cdot 35,03}{28 \cdot (7 - 4) \cdot (36 - 8)} \cdot 10^3 = 29,8 \text{ Н/мм}^2 \leq 172 \text{ Н/мм}^2$$

Перевірка шпонки на зріз, МПа:

$$\tau_{\zeta \varnothing} = \frac{2 \cdot \dot{I}_{\max}}{d \cdot l \cdot b} \cdot 10^3 \leq [\tau]_{\zeta \varnothing} \quad (56)$$

Допустиме напруження на зріз:

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\tau]_{\text{ср}} \approx 0,6 \cdot [\sigma]_{\text{ср}}, \quad (57)$$

$$[\tau]_{\text{ср}} \approx 0,6 \cdot 172 = 103 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 35,03}{28 \cdot 36 \cdot 7} \cdot 10^3 = 9,9 \text{ МПа} \leq 103 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Шпонка 8x7x40 ГОСТ 23360 – 78.

Розрахунок на міцність шпонкового з'єднання вала з напівмуфтою

Під час розрахунку шпонкового з'єднання вала з напівмуфтою визначається напруження на зминання, МПа:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot \dot{I}_{\text{max}}}{d \cdot (h - t_1) \cdot (l - b)} \cdot 10^3 \leq [\sigma]_{\text{ср}}$$

де $t_1 = 5 \text{ мм}$ – глибина паза вала;

$h = 8 \text{ мм}$ – висота шпонки;

$d = d_k = 32 \text{ мм}$ – діаметр вала;

$l = 40 \text{ мм}$ – довжина шпонки;

$b = 10 \text{ мм}$ – ширина шпонки.

Допустиме напруження на зминання:

$$[\sigma]_{\text{ср}} = 0,5 \cdot \sigma_{0,2},$$

де $\sigma_{0,2} = 343 \text{ МПа}$ – межа текучості матеріалу шпонки.

$$[\sigma]_{\text{ср}} = 0,5 \cdot 343 = 172 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 35,03}{30 \cdot (7 - 4) \cdot (32 - 8)} \cdot 10^3 = 38,9 \text{ МПа} \leq 172 \text{ МПа}$$

Перевірка шпонки на зріз, МПа:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot \dot{I}_{\text{max}}}{d \cdot l \cdot b} \cdot 10^3 \leq [\tau]_{\text{ср}}$$

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустиме напруження на зріз:

$$[\tau]_{\varphi\delta} \approx 0,6 \cdot [\sigma]_{\varphi\delta} ,$$

$$[\tau]_{\varphi\delta} \approx 0,6 \cdot 172 = 103,2 \text{ МПа} .$$

$$\tau_{\varphi\delta} = \frac{2 \cdot 35,03}{30 \cdot 32 \cdot 8} \cdot 10^3 = 10,4 \text{ МПа} \leq 103,2 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Шпонка 8x7x40 ГОСТ 23360 – 78.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						48
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.7 Вибір підшипників та розрахунок на довговічність

Вибираємо однорядні кулькові підшипники ГОСТ 8338-75.

Серії 309 з параметрами:

$$d = 50 \text{ мм};$$

$$D = 100 \text{ мм};$$

$$b = 24 \text{ мм};$$

$C = 63800 \text{ Н}$ – динамічна вантажопідйомність;

$C_0 = 41100 \text{ Н}$ – статична вантажопідйомність.

Середній ресурс підшипника дорівнює $L_h = 20000$ годин.

Еквівалентне динамічне навантаження визначається за формулою:

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_D \cdot K_\sigma, \quad (58)$$

де $F_r = R$, $F_a = T$ – радіальне та осьове навантаження, Н;

$V = 1$ – коефіцієнт обертання;

$K_\sigma = 1$ – коефіцієнт швидкості для спокійного навантаження;

$K_T = 1,35$ – температурний коефіцієнт;

X , Y – коефіцієнти радіального та осевого навантаження відповідно. Вони вибираються з довідникової літератури залежно від співвідношення

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r}$$

$$D = (1 \cdot 1 \cdot 302 + 1 \cdot 6445) \cdot 1,4 \cdot 1 = 9446 \text{ Н}$$

Розрахунковий ресурс підшипників:

$$L_{np} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}. \quad (59)$$

$$L_{np} = \left(\frac{52700}{9446} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 3000} = 96475 \text{ год}$$

Умова довговічності підшипників:

$$L_{np} \geq L_h.$$

Умова виконується.

					131.05BP.000.00 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розділ з охорони праці

Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини та захист від нього

Шкідливе та небезпечне іонізуюче випромінювання шкідливо діє на організм людини під час зовнішнього або ж внутрішнього опромінювання (попадання джерела іонізуючого опромінювання всередину організму людини разом із їжею, рідиною, під час паління тощо). Під дією іонізуючих випромінювань в організмі людини (працівника, робітника) відбувається іонізація різних молекул та атомів тканин тіла людини, порушується хімічна структура різних хімічних сполук, а також утворюються сполуки, які не є властивими живій клітині людини, що в свою чергу зазвичай призводить до її відмирання. Зміни різних фізичних та біологічних процесів у організмі людини (працівника, робітника) залежно від дози опромінювання, тобто функції окремих органів та усього організму людини (працівника, робітника) можуть відновлюватись повністю або вести до функціональних порушень організму людини та виникненню надзвичайно небезпечної променевої хвороби.

Ураження організму людини іонізуючим опромінюванням може викликати гостру і хронічну форми променевої хвороби. Гостра форма променевої хвороби виникає під час дії достатньо великих доз опромінювання на організм людини за короткий період часу, хронічна форма променевої хвороби — розвивається в результаті тривалої дії малих доз іонізуючого випромінювання під час зовнішнього опромінювання або ж під час потрапляння усередину організму людини (працівника, робітника) під час приймання їжі або ж рідини, паління, вдихання невеликих кількостей різноманітних радіоактивних речовин. Під час гострої форми променевої хвороби людини (працівника, робітника) спостерігається анемія, слабкість та схильність організму до ураження інфекційними захворюваннями.

На першій стадії хронічної променевої хвороби спостерігається порушення сну, погіршення апетиту, з'являється головний біль, слабкість тощо. На другій стадії променевої хвороби ці симптоми загострюються ще більше, порушується обмін речовин у організмі людини, з'являються порушення в роботі серцево-судинної системи і органів травлення людини.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						50
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

На третій стадії променевої хвороби порушується робота кровотворних органів людини, яка призводить до недокрів'я, лейкемії, відбувається крововилив в серцево-судинній системі, вражаються статеві органи людини, а також виникають паталогічні зміни в генетичному апараті живого організму людини (працівника, робітника), якщо радіоактивне опромінювання діє на статеві органи та органи зародкового шляху людини. Спадкові зміни зазвичай призводять до нежиттєздатності зародка як в першому, так і в наступних поколіннях. Шкідливі наслідки іонізуючого опромінення зазвичай проявляються у стерильності майбутнього потомства, у хронічних захворюваннях, які передаються в спадщину від покоління до покоління та призводять до зменшення тривалості життя людини (працівника, робітника), зниження їхньої стійкості проти різних небезпечних інфекційних захворювань.

Радіоактивні іонізуючі випромінювання зазвичай викликають місцеві ураження: захворювання шкіри, злоякісні пухлини, катаракту, з'являється сухість шкіри, ламкість нігтів, випадає волосся. Небезпечність дії радіоактивних випромінювань обумовлюється ще й тим, що людина органами чуттів не відчуває їхньої дії доти, доки не з'явиться та або інша зміна в організмі.

Для попередження шкідливої дії іонізуючих випромінювань необхідно усунути всяку можливість опромінювання організму дозами, які перевищують гранично допустимі. Ступінь ураження радіоактивними речовинами організму людини залежить від ряду чинників: виду випромінювання (альфа-, бета-, гамма-промені і т. ін.); кількості ізотопу (активності); його властивостей (енергії частинок в період піврозпаду та ін.); шляхів попадання в організм людини та його індивідуальної чутливості.

Впливу зовнішнього опромінювання організм зазнає тільки під час перебування людини у сфері впливу випромінювання. У випадку зникнення радіації припиняється і зовнішній вплив, а в організмі можуть розвинути зміни – наслідки опромінювання.

Радіоактивні речовини можуть потрапляти до організму працюючих через легені або шлунково-кишковий тракт, а також через непошкоджену шкіру. Особливо небезпечні у цьому відношенні роботи, пов'язані з розробкою радіоактивних руд. Радіоактивне випромінювання не тільки спричинює іонізацію повітря, а й призводить до аналогічного

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						51
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

процесу в тканинах організму, значно змінюючи їх. Потрапляючи до організму, радіоактивні речовини заносяться кров'ю у різні тканини та органи і стають джерелом внутрішнього опромінювання. Особливою загрозою для організму є ізотопи, які протягом усього життя потерпілого можуть бути джерелами іонізуючого випромінювання.

Впливу іонізуючого випромінювання можуть зазнати працюючі з рентгенівськими та γ -променями під час здійснення γ -дефектоскопії на промислових підприємствах, обслуговуючий персонал прискорювальних установок і ядерних реакторів, а також зайняті розвідкою та добуванням корисних копалин та інше. У теперішній час вирішені основні питання радіаційної безпеки. Однак при порушеннях техніки безпеки або за певних обставин іонізуюче випромінювання може спричинити розвиток променевої хвороби (гострої та хронічної).

При початкових проявах захворювання показано тимчасове усунення від роботи, пов'язаної з впливом іонізуючої радіації, терміном до року. У разі наявності більш виражених проявів хвороби показано направлення хворого на лікарсько-експертну комісію для встановлення ступеня втрати професійної працездатності і трудових рекомендацій. Подальша трудова діяльність в контакті з цим фактором протипоказана.

Профілактика. Необхідна раціональна організація праці, дотримання норм радіаційної безпеки. Всі види робіт повинні мати ефективну екранізацію. При роботах із закритими джерелами випромінювання слід дотримуватись правил схову і переносу ампул з використанням контейнерів, маніпуляторів. Велике значення має дозиметричний контроль, проведення попередніх і періодичних медичних оглядів, а також дотримування медичних протипоказань щодо осіб, які приймаються на роботу з радіоактивними речовинами.

Радіоактивні речовини повинні знаходитися в спеціальних приміщеннях. По кожному з них необхідно вести суворий облік надходжень і витрат, щоб виключити можливість їх безконтрольного використання. Порядок транспортування радіоактивних речовин регламентується спеціальними правилами. Радіоактивні речовини перевозять у спеціальних контейнерах і спеціально обладнаним транспортом. До організацій і установ, у яких постійно виконуються роботи з радіоактивними речовинами, підвищені вимоги з

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						52
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

охорони праці. Керівництво цих організацій зобов'язане розробити де-тальні інструкції, в яких викладено порядок проведення робіт, облік збереження та використання джерел випромінювання, збір та знешкодження відходів, порядок проведення дозиметричного контролю. Оцінка радіаційного стану здійснюється за допомогою приладів, принцип дії яких базується на таких методах:

- іонізуючих (вимірювання рівня іонізації випромінювання);
- сцинтиляційних (вимірювання інтенсивності світлових спалахів, які виникають у речовинах, що люмінесціюють при проходженні крізь них іонізуючих випромінювань);
- фотографічних (вимірювання густини почорніння фотопластинки під дією іонізуючого випромінювання).

Результати усіх видів радіаційного контролю повинні реєструватися і зберігатися протягом 30-ти років. При індивідуальному контролі ведуть облік річної дози опромінення, а також сумарної дози за весь період професійної діяльності людини.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						53
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

7 Економічний розділ

Система технічного обслуговування і ремонту за фактичним технічним станом

Одним із способів підвищення ефективності використання обладнання є застосування системи технічного обслуговування і ремонту за фактичним технічним станом, що дозволяє знизити питомі експлуатаційні витрати за повного використання ресурсу деталей.

Сутність технічного обслуговування і ремонту за фактичним технічним станом полягає в тому, що ремонтні роботи виконують лише за зниження прогнозованих параметрів до гранично допустимого значення, тобто застосовують принцип попередження відказів із забезпеченням максимально можливого напрацювання виробів за мінімальних експлуатаційних витрат. Водночас проводять роботи з технічного обслуговування з регламентованою періодичністю відповідно до фактичного стану обладнання.

Організація технічного обслуговування і ремонту за фактичним станом передбачає періодичний або безперервний моніторинг обладнання для забезпечення заданого рівня надійності і працездатності відповідно до встановлених правил із визначення режимів і регламенту діагностування обладнання та ухвалення рішень щодо зміни його фактичного стану залежно від отриманої інформації. Водночас для визначення часу чергового обслуговування або ремонту розглядають не лише миттєвий стан об'єкта, але й тренд вимірюваних величин.

Застосування системи ТО і Р, орієнтованої на стан об'єкта, повинно забезпечувати:

- зупинення обладнання або системи лише за необхідності для попередження аварійної ситуації або економічної доцільності;
- заміну деталей і вузлів за досягнення граничного зношування або відхилення робочих параметрів обладнання за допустимі межі;
- технічне обслуговування об'єкта (за можливості: регулювання, балансування, центрування елементів, заміну швидкозношуваних деталей тощо);

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						54
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

– визначення слабкої ланки машини, яка лімітує час між обслуговуванням або ремонтом, та видачу рекомендацій із підвищення її надійності;

– об'єктивний контроль якості виконання ремонту, монтажу, регулювань.

Реалізація структурної схеми ТО і Р за фактичним станом із контролем параметрів вимагає:

– вибору мінімальної достатньої кількості контрольованих параметрів для отримання обґрунтованої інформації про стан об'єкта діагностування на поточний момент часу;

– обґрунтування області допустимих змін контрольованих параметрів;

– розробку алгоритмів і програм діагностування технічного стану об'єкта;

– створення умов і технічних засобів діагностування для оперативного розпізнавання і виявлення несправностей на основі автоматизованої системи контролю.

Основою такого виду ТО і Р є технічне діагностування (ТД) і прогнозування стану об'єкта. Періодичність діагностичного контролю може бути жорсткою або гнучкою. За жорсткої системи послідовність перевірок є регламентованою і залишається незмінною у процесі усього часу експлуатації. За гнучкої – міжконтрольне напрацювання визначають у ході діагностичного процесу і приймають на основі аналізу результатів попереднього контролю і прогнозних оцінок. Для забезпечення достатньої надійності обладнання величина міжконтрольного напрацювання не повинна перевищувати напрацювання на відмову найбільш слабкого вузла об'єкта. Прогнозування виконують під час безперервного контролю для визначення часу, упродовж якого зберігається працездатний стан, а під час періодичного контролю – для визначення моменту часу наступного контролю. Результати діагностування і контролю є основою для ухвалення рішень про необхідність ТО і ремонту, часу проведення та об'єму, а також планування чергового діагностичного контролю.

Реалізація ТО і Р за фактичним станом пов'язана з витратами на діагностування і прогнозування, тому однією з умов застосування методу є також перевагою у даного виду обладнання поступових і попереджуваних відмов над раптовими і не попереджуваними відмовами.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						55
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Необхідні умови застосування ТО і Р за фактичним станом:

- економічна доцільність;
- наявність бази приладів;
- методика визначення технічного стану і його прогнозування;
- навчений персонал;
- контролепридатність обладнання.

Важливим елементом системи ТО і Р за фактичним станом є служба технічного діагностування. До її завдань належать виконання планових досліджень обладнання, заявок на позапланове діагностування, участь у прийманні обладнання з ремонту, а також видача рекомендацій із попередження відмов.

Необхідно забезпечити достатній статус служби, вагомість її рекомендацій для керівництва цехів. Співробітники служби повинні бути навчені застосуванню засобів діагностування і результатів. Основним питанням ефективності застосування ТО і Р за станом є завдання розроблення методів і засобів діагностування, які мають велику інформативність.

З урахуванням великої номенклатури обладнання галузі таку базу технічного діагностування економічно доцільно застосовувати насамперед для основного обладнання.

Організаційну структуру і форму оперативного управління ТО і Р обладнання за фактичним технічним станом визначає керівництво підприємства. Вихідними даними для встановлення періодичності ТО, діагностичного контролю і регламентних зупинок є показники надійності кожного типу обладнання, інформація про режими та умови експлуатації, відмови, напрацювання тощо.

Система ТО і Р за фактичним технічним станом містить:

1. Контроль технічного стану обладнання:
 - контроль технічних параметрів за нормативами (візуальний, інструментальний);
 - технічне діагностування.
2. Технічне обслуговування:
 - щоденне;

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						56
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

– періодичне (планове регламентоване).

3. Ремонт:

– плановий (за фактичним технічним станом);

– позаплановий (аварійний).

Для проведення ТО і Р за фактичним технічним станом є обов'язковим проведення контролю фактичного технічного стану з оцінюванням працездатності обладнання та прогнозування умов його подальшої експлуатації. Основні завдання контролю технічного стану обладнання такі:

– об'єктивне оцінювання фактичного технічного стану обладнання, виявлення дефектів і зношених частин;

– визначення обсягу ремонтних робіт і переліку необхідних для ремонту вузлів і деталей;

– визначення правильності експлуатації та якості ремонтних робіт.

Під час проведення контролю технічного стану обладнання здійснюють:

– візуальний контроль, який характеризує загальний технічний стан і комплектність обладнання;

– інструментальний (вимірювальний) контроль;

– технічне діагностування.

Візуальний контроль технічного стану проводять із метою виявлення поверхневих дефектів у зварних з'єднаннях і основному металі, які можуть виникнути у процесі монтажу та експлуатації. Візуальний контроль технічного стану обладнання виконують перед проведенням вимірювального і неруйнівного методів контролю неозброєним оком або із застосуванням оптичних приладів. За візуального методу контролю технічного стану обладнання перевіряють і виявляють:

– механічні пошкодження (розриви, злами, раковини, вм'ятини);

– розшарування, тріщини в основному металі;

– дефекти різі;

– дефекти деталей і складальних одиниць;

– тріщини у зварних швах, переривання швів;

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						57
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- ослаблення кріплень болтових з'єднань;
- комплектність обладнання;
- правильність функціонування деталей і складальних одиниць;
- справність електрообладнання, КВП і А.

Інструментальний (вимірювальний) контроль технічного стану обладнання проводять із метою визначення відповідності геометричних розмірів деталей і складальних одиниць вимогам нормативно-технічної документації, визначення допустимості виявлених під час візуального контролю пошкоджень основного металу і зварних з'єднань.

Для вимірювання форми і розмірів обладнання, складальних одиниць, деталей, зварних з'єднань, дефектів поверхонь необхідно застосовувати справні інструменти, які пройшли метрологічну перевірку.

Під час інструментального (вимірювального) контролю деталей, складальних одиниць, зварних з'єднань обладнання визначають розміри:

- пошкодження різей;
- механічних пошкоджень основного металу;
- деформованих ділянок;
- зношених поверхонь;
- дефектних ділянок зварних швів;
- корозійних ділянок;
- відхилень від форми і розміщення поверхонь деталей.

Технологічне діагностування містить оперативне, планове і непланове діагностування обладнання:

- оперативне діагностування проводять за графікам поточних досліджень відповідно до програми;
- планове діагностування проводять 1 раз на 3 місяці (не рідше);
- непланове діагностування проводять на основі інформації (заявки) експлуатаційної або сервісної організації.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						58
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Для оцінювання технічного стану наземного обладнання застосовують вібраційну діагностику, діагностику методом ватметграфування, діагностику з використанням методу магнітної пам'яті, діагностування методом резонансних коливань.

Вібраційна діагностика дозволяє визначити технічний стан підшипникових вузлів, кріплення обладнання до рами і фундаменту, стан електродвигуна і його підшипників.

Діагностика методом ватметграфування дозволяє визначити стан балансування, дефекти редуктора, клиноремінної передачі, глибинного штангового насоса.

Діагностика з використанням метода магнітної пам'яті і резонансних коливань дозволяє визначити напруженість у металі, виявити тріщини, раковини, несучільності в металоконструкціях і зварних з'єднаннях.

За результатами технічного діагностування складають акт технічного стану.

ТО і Р обладнання проводять відповідно до інструкцій, розроблених для кожного типу обладнання, яке експлуатують на підприємстві, де передбачений порядок проведення та організації ТО, діагностування і ремонту обладнання.

Приблизний комплекс робіт, виконуваних під час технічного обслуговування і ремонту нафтопромислового обладнання за фактичним технічним станом приводу штангового насоса

Під час щоденного технічного обслуговування виконують зовнішній огляд і контроль:

- стан захисних огорожень, майданчиків, сходів;
- кріплення вузлів, деталей;
- нагрівання підшипникових вузлів, редуктора;
- рівня масла в картері редуктора і його якості;
- стан клиноремінної передачі, гальмівних пристроїв (за необхідності виконують підтягування і регулювання);
- наявність необхідних надписів і табличок.

Проведені під час контрольного огляду роботи і виявлені зауваження фіксують у журналі обліку технічного стану обладнання (вахтовому журналі).

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						59
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

За регламентованого періодичного технічного обслуговування проводять такі роботи з перевірки:

- центрування і горизонтальності обладнання;
- і протягування усіх різьбових з'єднань;
- стану усіх вузлів обладнання;
- рівня масла, змащування вузлів відповідно до карти змащування;
- стану електрообладнання, КВП і А;
- і регулювання клиноремінної передачі, заміна ременів;
- стану гальмівних пристроїв, заміна швидкозношуваних деталей;
- герметичності ущільнень, заміна ущільнювальних елементів;
- заземлення.

Виконані під час ТО роботи і виявлені несправності фіксують виконавці в журналі обліку планового ТО, контролю технічного стану і ремонту обладнання, у якому вказують:

- дату проведення обслуговування;
- вид технічного обслуговування і виконані роботи;
- виявлені дефекти та несправності;
- напрацювання між технічними обслуговуваннями;
- кількість заміненних деталей і складальних одиниць;
- витрату і вартість деталей і матеріалів;
- час простою обладнання.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						60
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаної літератури

1. Михайлов А. К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование: учеб. пос. / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. - М. : Машиностроение, 1977. - 288 с.
2. Лопастные насосы: справочник / под общ. ред. В. А. Зимницкого, В. А. Умова. - Л. : Машиностроение, 1986. - 334 с.
3. Курсовое проектирование деталей машин: учеб. пос. / С. А. Чернавский, К. Н. Боков, И. М. Чернин и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1987. - 416 с.
4. Детали машин. Курсовое проектирование: учеб. пос. / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - М. : Высшая школа, 1984. - 336 с.
5. Анурьев, В. И. Справочник конструктора машиностроителя: в трех томах. / В. И. Анурьев. - М. : Машиностроение, 2001. – т.1 - 920 с.
6. Методичні вказівки до виконання курсового проекту зі спеціальності «Розрахунок та проектування консольного насоса з використанням теорії подібності» / укладачі: Е. В. Колісніченко, В. О. Панченко. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 37 с.
7. Ржебаева Н. К. Расчет и конструирование центробежных насосов: учебное пособие / Н. К. Ржебаева, Э. Е. Ржебаев. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2009. – 220 с.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						61
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		