

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: $Q=65\text{м}^3/\text{год}$,
 $H=50\text{м}$, $n=3000\text{об/хв}$**

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

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

Виконавець роботи

Ілляшенко Андрій Юрійович
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 гідропневоавтоматика»

гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
прикладної

_____ Сотник М.І.
“ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до випускної роботи бакалавра студенту

Ілляшенку Андрію Юрійовичу
(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 $Q_n = 65 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_n = 50 \text{ м}$, 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	Гідравлічні 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: 64 с., 8 рисунків, 6 таблиць, 8 літературних джерел.

Тема дипломного проекту «Розробка насосу типу СКО на параметри: $Q=65\text{м}^3/\text{год}$, $H=50\text{м}$, $n=3000\text{об/хв}$ »

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 $65\text{ м}^3/\text{год}$, напір – 50 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 особливості монтажу машин і агрегатів на місці експлуатації.

У розділі із охорони праці було розглянуто техніку безпеки під час виконання монтажних робіт.

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.....	53
Список використаної літератури	65

					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

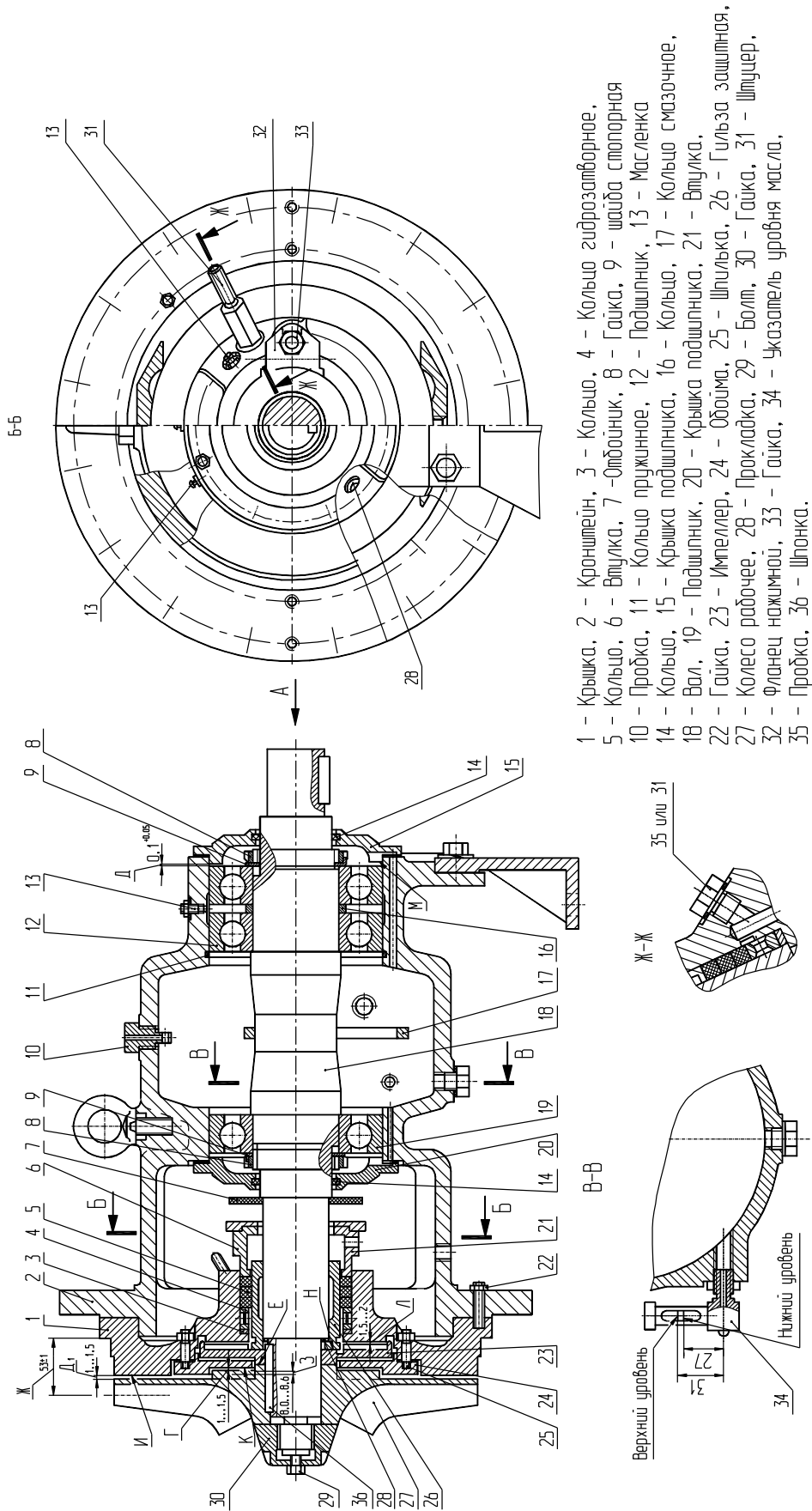
Насоси відцентрові консольні типу СКО застосовують для виробництва цукру, для потреб комунально-житлових підприємств та інших галузей промисловості. Перекачуване цими насосами середовище: суспензії із вмістом взвішених частинок до 30% за масою, соки, сиропи, вапнякове молоко, вода та інші подібні технологічні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

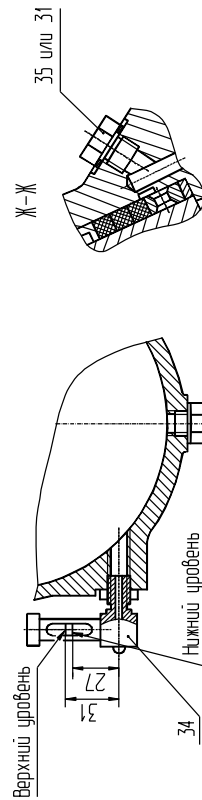
До корпусу насоса кріпиться виїмна частина 4, яка складається із статорних та роторних деталей. До фланця кронштейна, з боку півмуфти насоса, за допомогою болтів кріпиться стійка. За допомогою стійки та лап, виконаних на корпусі, насос кріпиться до фундаментної рами, звареної зі сталевого прокату. Основною 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 - Подшипник, 13 - Масленка, 14 - Кольцо, 15 - Крышка подшипника, 16 - Кольцо, 17 - Кольцо смазочное, 18 - Вал, 19 - Подшипник, 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

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$
$$n_s = \frac{3,65 \cdot 3000 \sqrt{\frac{65}{3600}}}{50^{\frac{3}{4}}} = 95$$

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		

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

Далі знаходимо гідравлічний ККД:

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

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 проєкції 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;

$$d_{em} = (1,2 \div 1,25) \cdot d_6, \quad (1.13)$$

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

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]:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot v_0} + d_{\text{ем}}^2}, \quad (1.15)$$

де v_0 - швидкість рідини на вході, м/с;

$$v_0 = (0,06 \div 0,08) \cdot \sqrt[3]{Q_p \cdot n^2}, \quad (1.16)$$

$$v_0 = (0,06 \div 0,08) \cdot \sqrt[3]{\frac{52,08}{3600} \cdot 3000^2} = (3,04 \div 4,05) \text{ м/с}$$

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

$$v_0 = \frac{4 \cdot Q_p}{3600 \cdot \pi \cdot D_{1np}^2}$$

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

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 :

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

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

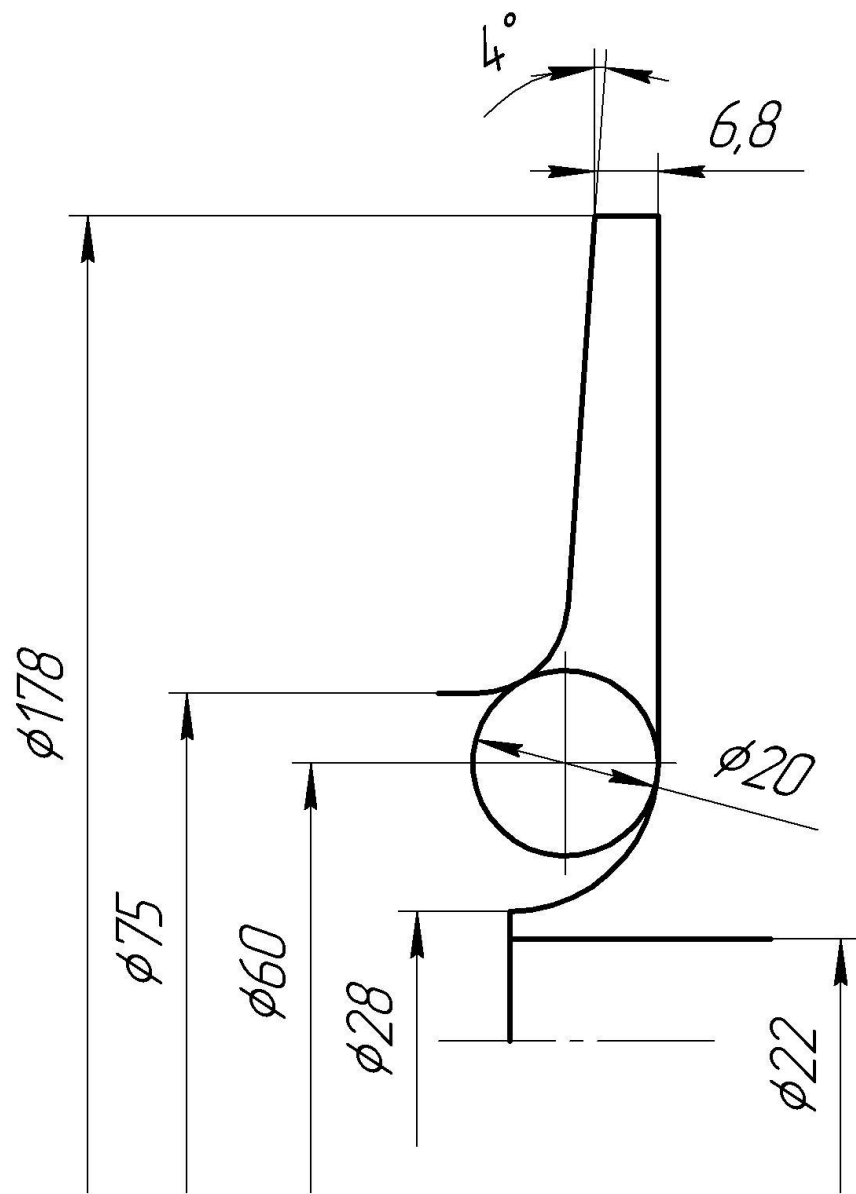
$$b_1 = \frac{Q_p}{\pi \cdot D_1 \cdot v_{1m} \cdot 3600}$$

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

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 $\Delta\beta = 8^\circ$;

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

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	Лист
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 :

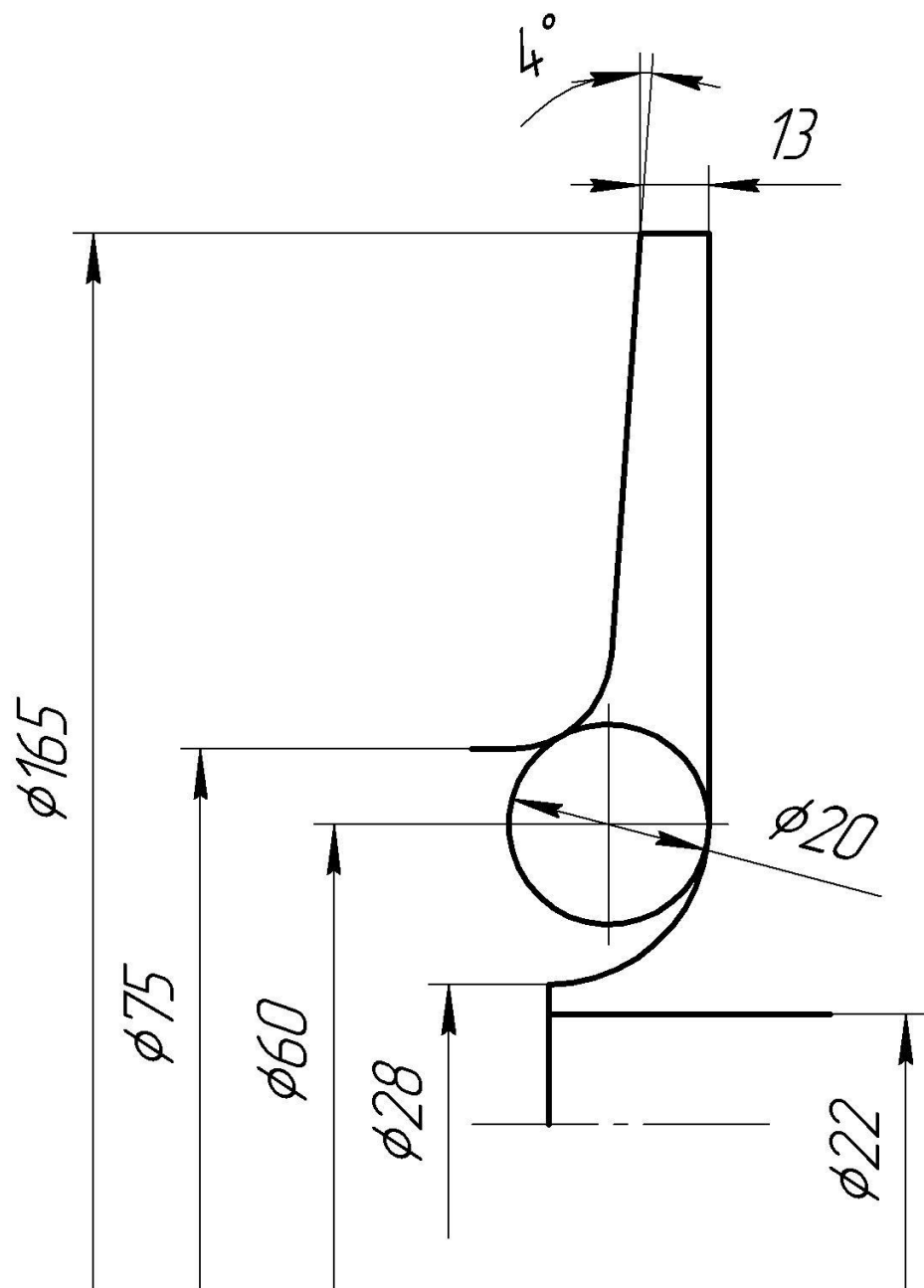
$$D_2 = \frac{60 \cdot U_2}{\pi \cdot n}, \quad (1.33)$$

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

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

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

					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		

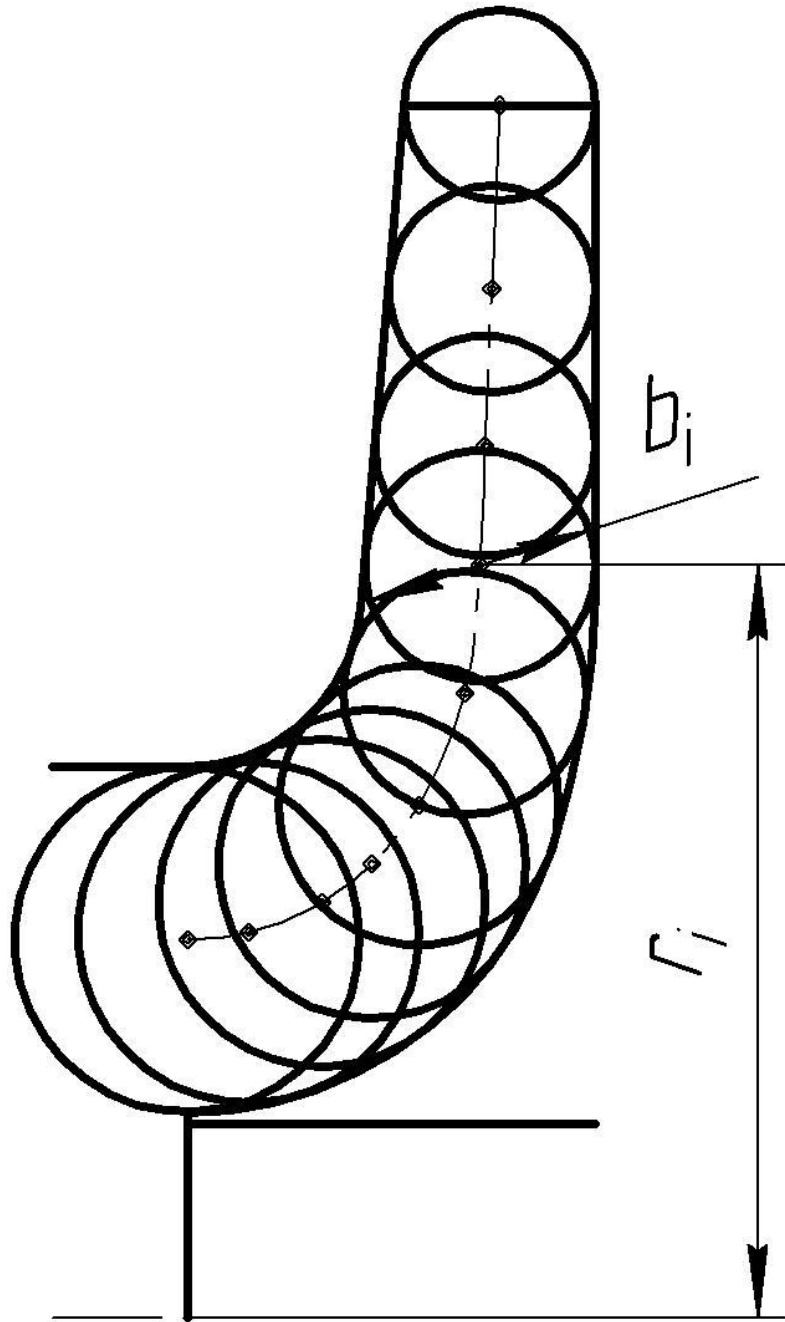


Рисунок 1. Проектування меридіонального перерізу

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	27,9 7	25,7 1	0
2	28,4 7	25,4 8	6,44
3	30,4 7	24,5 2	7,58
4	33,0 9	23,2 5	6,53
5	37,0 2	21,3 1	7,34
6	45,7 4	18,7 7	10,4 8
7	53,4 1	17,9 2	10,9 3
8	61,5 4	17,1 6	10,3 8
9	71,1 8	16,2 9	12,8 9
10	84,7 1	15,1 6	14,7 5

Правильність побудови меридіонального перерізу перевіряємо за допомогою графіка.

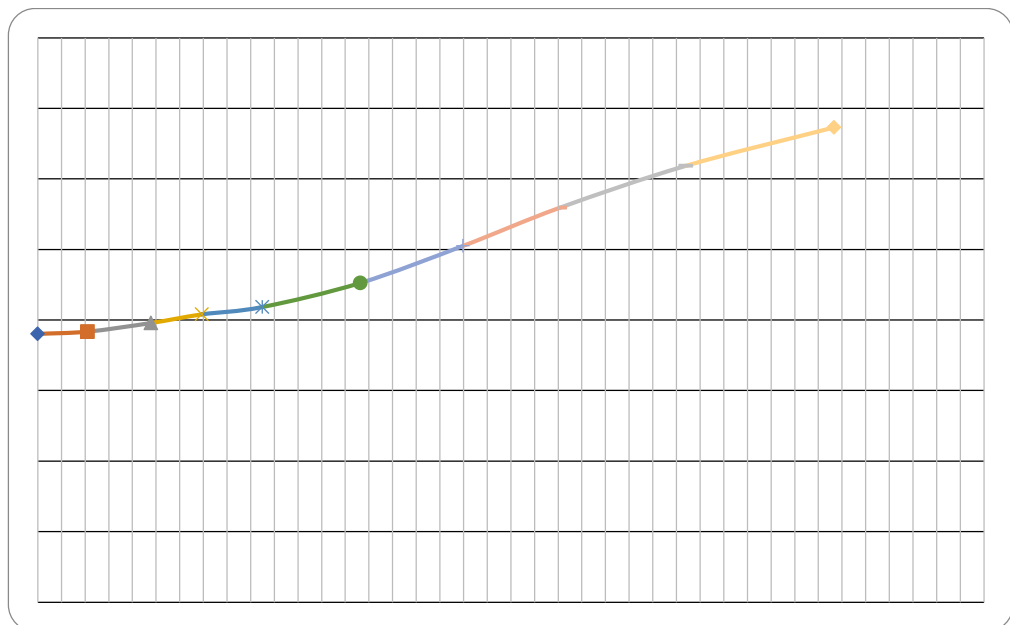


Рисунок 2 – Графік перевірки правильності побудови меридіонального перерізу

1.6 Розрахунок рівношвидкісного потоку

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

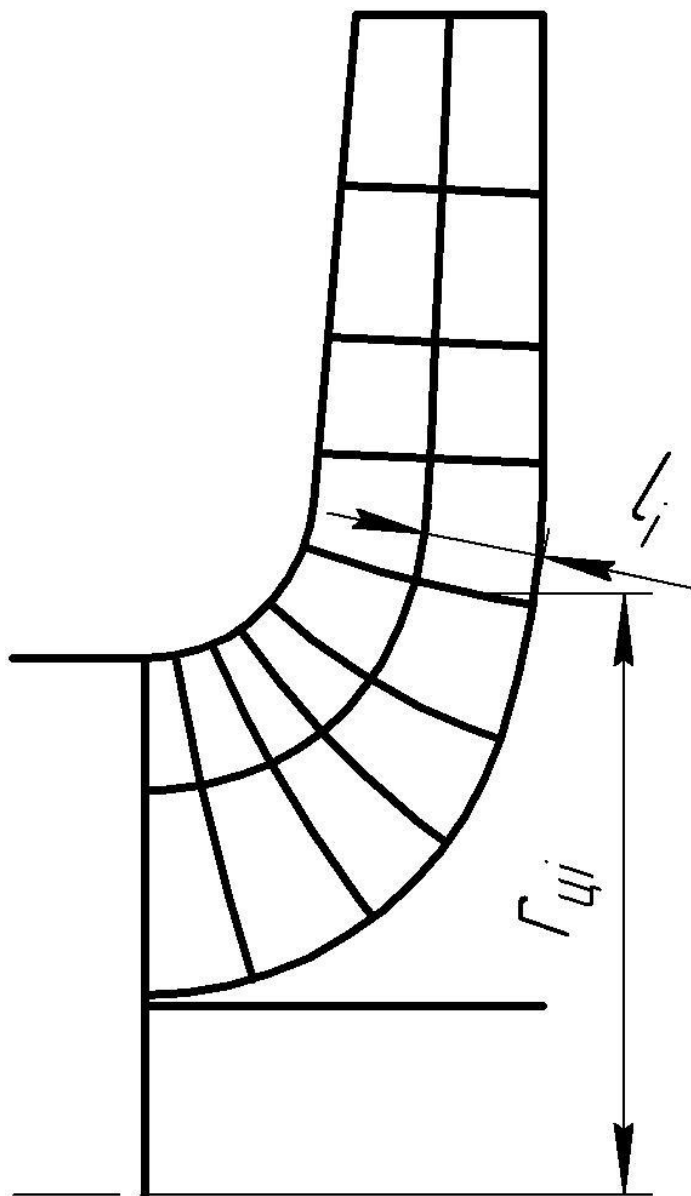


Рисунок 3 – Побудова еквіпотенціальних поверхонь

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

Таблиця 1.2 – Координати точок

№	r_i , мм	l_i , мм	$r \cdot l_i$, мм ²	$\delta l/l$
1	72,6 6	9,24	516,7	
2	72,3 9	9,25	515,3	0,41
1	71,9 8	9,67	567,9	
2	71,7 1	9,75	570,2	0,71
1	63,9 1	9,04	526,4	
2	63,5 7	9,08	525,8	0,31
1	46,2 6	10,3 2	478,9	
2	44,1 6	10,6 1	474,6	1,41
1	40,7 4	10,0 2	461,2	
2	35,9 3	11,1 9	458,3	0,99
1	37,0 7	11,4 2	441,1	
2	30,5 1	13,8 2	450,4	0,72
1	36,4 8	11,5 2	440,8	

2	26,8 8	14,9 7	436,6	1,52
1	35,3 9	11,4 2	427,4	
2	23,0 8	16,3 5	428,9	0,72

1.7 Профілювання лопаті

Для $n_s=95$:

- кількість потоків – 2;
- кількість розрахункових перерізів – 3
- кут $\Theta = 100^\circ$ (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>		

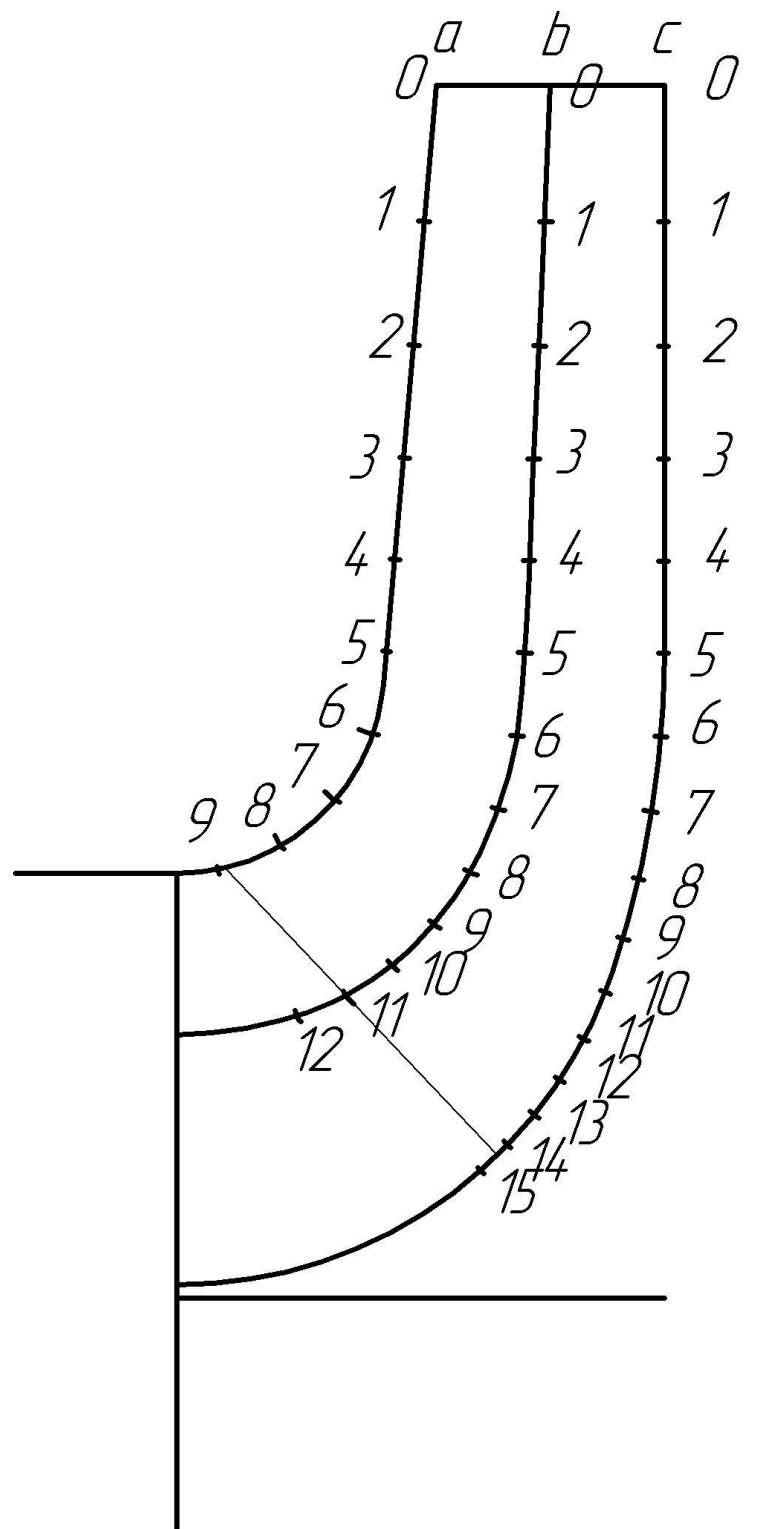


Рисунок 1.5 – Побудова конформного зображення

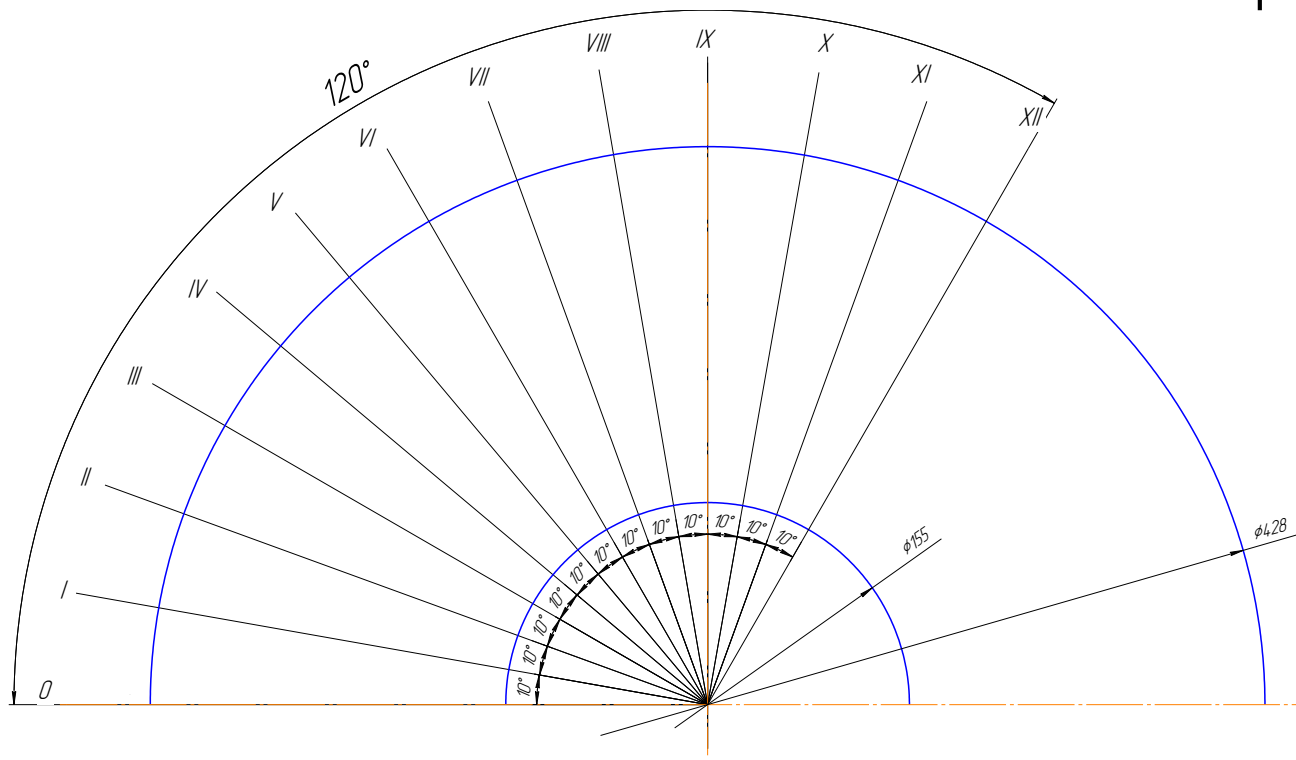


Рисунок 1.6 – Зображення променів та кутів

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

Будуємо конформну діаграму (рисунок 1.7)

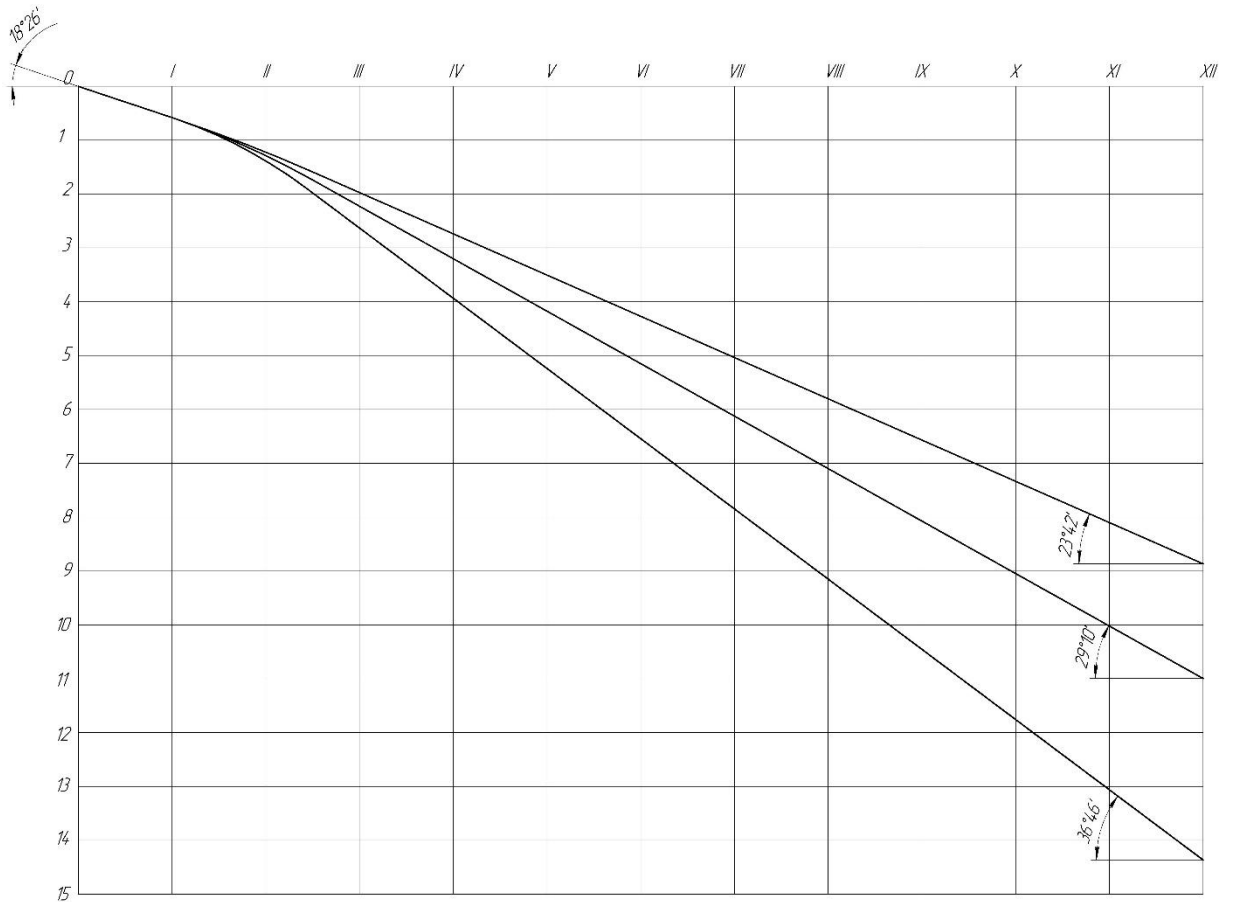


Рисунок 1.7 – Побудова конформної діаграми

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.

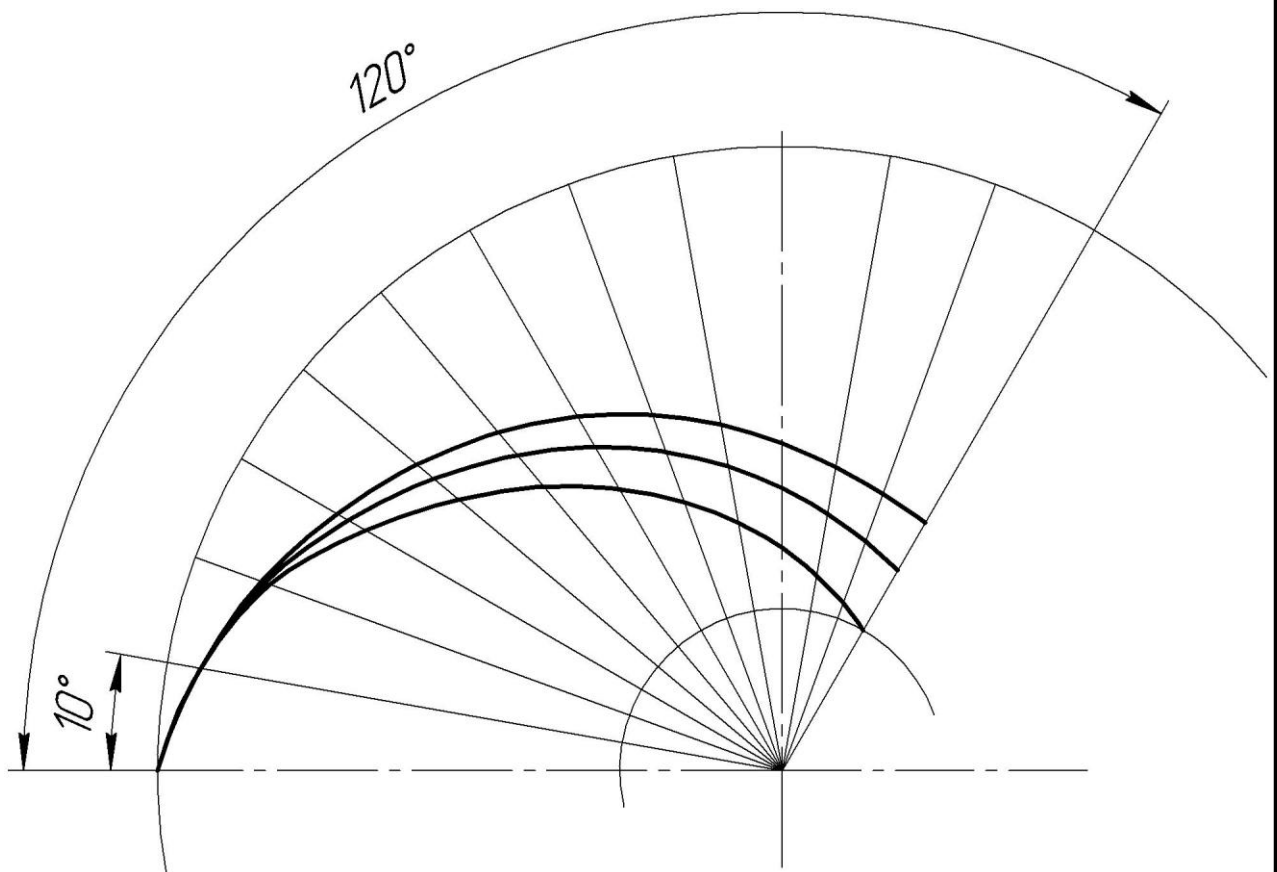


Рисунок 1.8 – Побудова лопаті в плані

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]:

$$T_2 = \rho Q \nu_0, \quad (26)$$

де ν_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]:

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

$d_{em} = 0,035 \text{ м}$ - діаметр втулки робочого колеса ;

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

$P_{атм} = 101000 \text{ Па}$ - 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: $\lambda_1 = 1,05$ та $\lambda_2 = 0,15$ [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.

$$D_1 = 0,070 \text{ м};$$

$$b_1 = 0,023 \text{ м}.$$

$$\beta_1 = 39,87^\circ$$

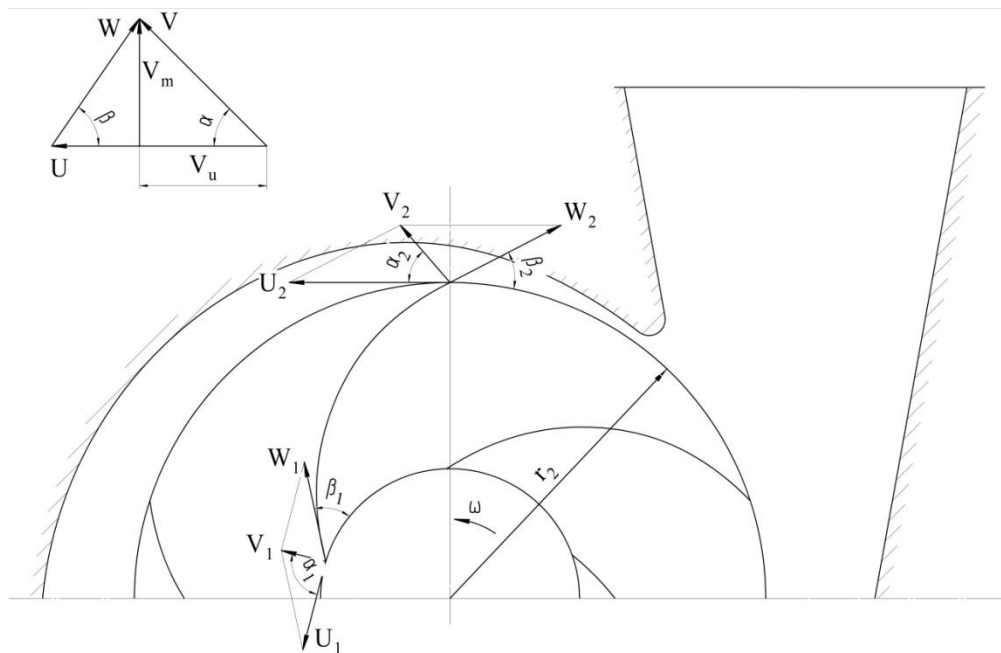


Рисунок 4 – Трикутники швидкостей в робочому колесі.

Розрахунок

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

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

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

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

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

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

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

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

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]:

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

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

$Q_{opt} = 65 \text{ м}^3/\text{год}$ - подача при оптимальному режимі;

b_2 - ширина колеса, м.

Відповідно до креслення $b_2 = 0,030 \text{ м}$.

Радіальна сила буде мінімальною при $Q = Q_{opt}$. 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 швидкості 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:

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

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

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

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

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

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	0,38	3,6	6,06	9,84	14,8	20,05	28,52	37,23

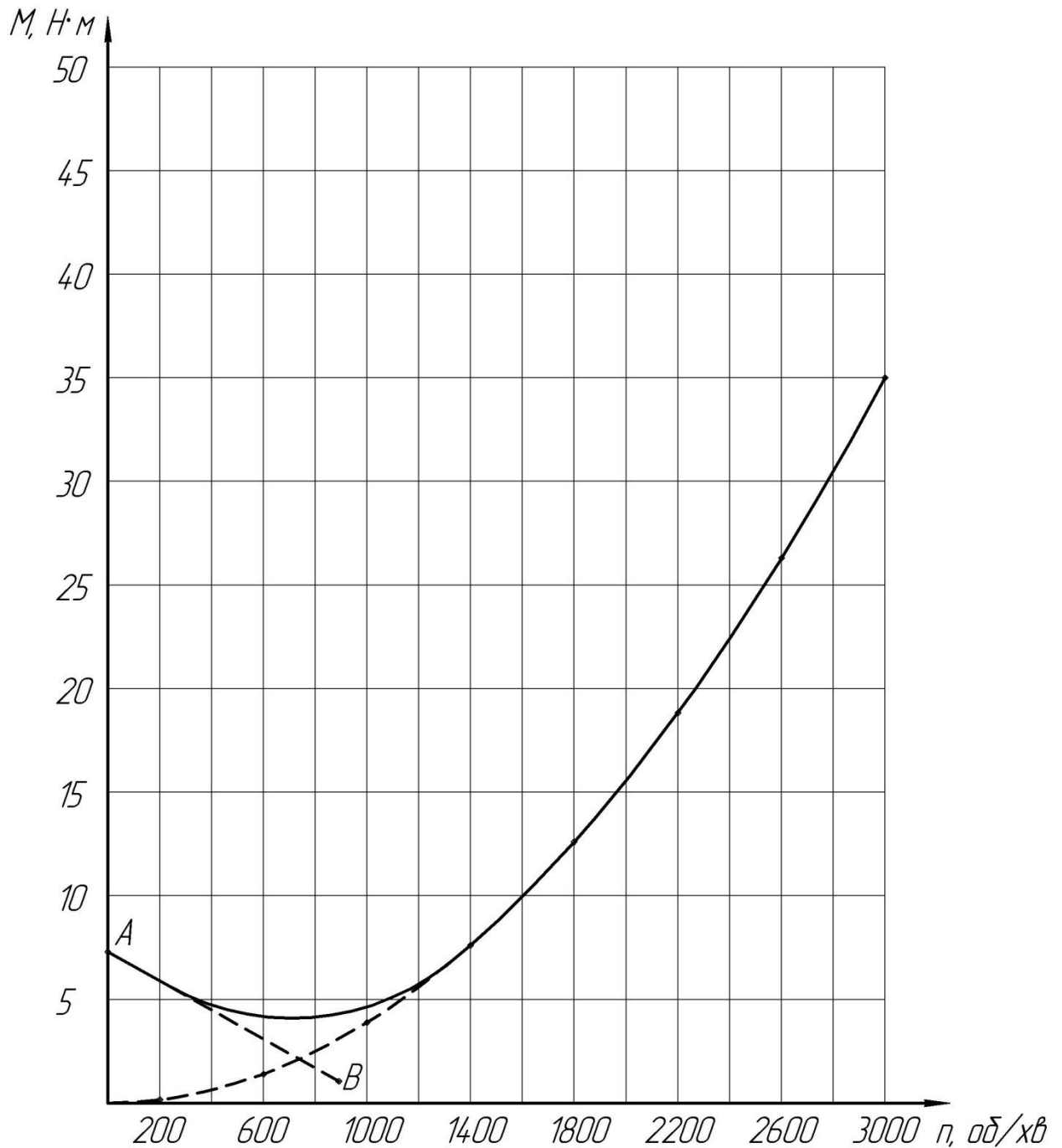


Рисунок 5 – Пускова моментна характеристика насосного агрегату

3.3 Конструювання вала

Конструювання вала починається з визначення його діаметрів.

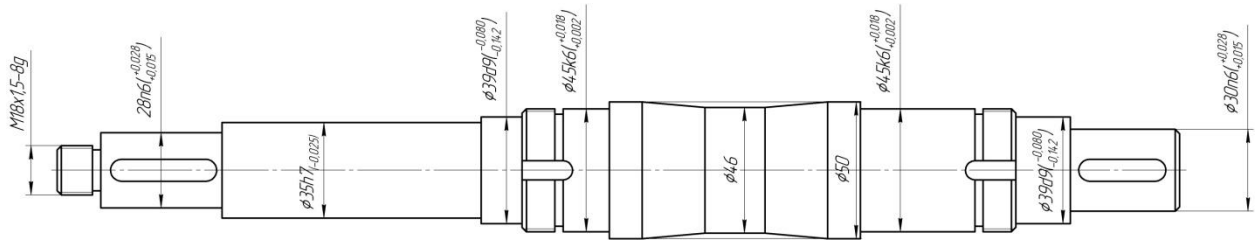


Рисунок 6 – Розміри діаметрів вала насоса

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:

$$d_{a0} = 28 + 35 = 35 \text{ мм}$$

Діаметр вала під напівмуфту, мм:

$$d_i = 0,8 \div 1,2 d_{a0}$$

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.

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

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).

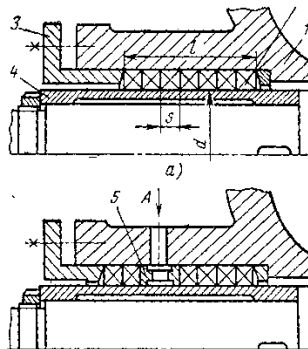


Рисунок 7 – Конструкція сальникового ущільнення

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 затяжка 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 корпуса;

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:

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

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

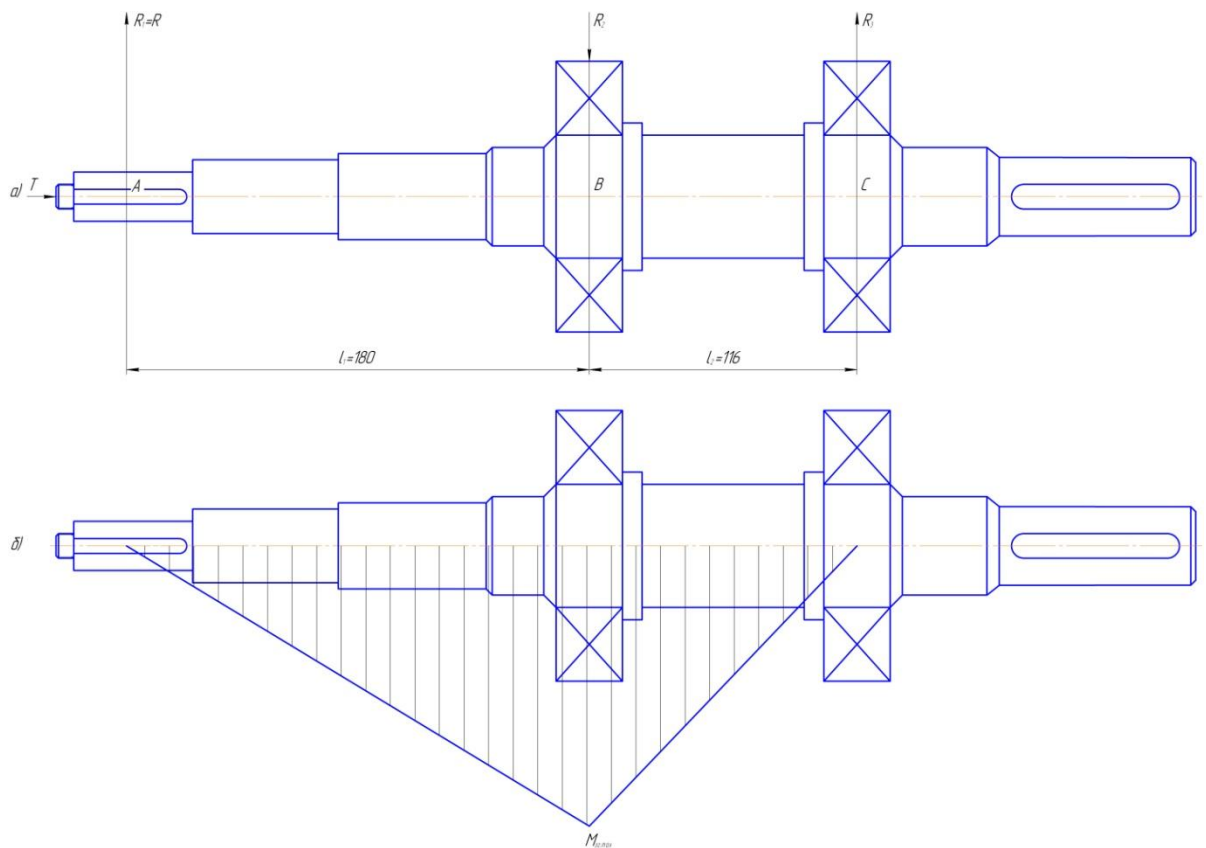


Рисунок 8 – Вал насоса:

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		

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

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

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

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

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

$$\sigma_{\dot{a}} = \frac{\dot{I} \text{ c} \ddot{a} \cdot \text{max}}{0,1 \cdot d_v^3}, \dot{I} \ddot{I} \dot{a};$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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		

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

$$[\tau]_{\text{ср}} \approx 0,6 \cdot 172 = 103 \text{ Н/мм}^2$$

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

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.

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

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

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:

$$[\tau]_{\text{зр}} \approx 0,6 \cdot [\sigma]_{\text{зр}},$$

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

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

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:

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

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

Умова довговічності підшипників:

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

Умова виконується.

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

4 Розділ з охорони праці

Техніка безпеки під час виконання монтажних робіт

Монтажні роботи необхідно виконувати відповідно до вимог стандартів системи безпеки праці та діючих інструкцій з охорони праці, затверджених у встановленому порядку.

Роботою з охорони праці керують посадові особи, обов'язки яких визначені типовим положенням. Вказані посадові особи у випадку виникнення умов, які загрожують життю або здоров'ю працівників, зобов'язані призупинити виконання робіт, ужити негайних заходів щодо усунення небезпеки і зробити відповідний запис у журналі робіт встановленої форми.

Адміністрація будівельно-монтажної організації зобов'язана забезпечити працівників інструкціями з охорони праці (відповідно до профілю виконуваної роботи), затвердженими головним інженером організації і узгодженими із профспілкою, і контролювати дотримання працівниками вимог цих інструкцій.

За одночасної роботи декількох будівельних і монтажних організацій на об'єкті будівництва необхідно передбачити заходи з техніки безпеки з урахуванням специфіки робіт кожної з організацій.

Перед початком робіт у місцях, де існує або може виникнути виробнича небезпека, яка не залежить від виконуваної роботи, працівникам необхідно видавати наряд-допуск із зазначенням у ньому небезпечної зони і необхідних заходів із забезпечення безпеки праці.

Відповідальність під час експлуатації будівельних машин, ручного будівельно-монтажного інструменту, будівельного інвентаря, технологічного оснащення, обладнання і транспортних засобів, а також засобів колективного та індивідуального захисту покладають:

- за технічний стан – на організацію, на балансі якої вони знаходяться;

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

– за якість і своєчасне проведення обладнання та інструктажу працівників з техніки безпеки, а також за дотримання працівниками виробничої та трудової дисципліни – на організацію, до штату якої вони належать;

– за дотримання правил техніки безпеки під час виконання будівельно-монтажних робіт – на виконроба або майстра, які здійснюють безпосереднє керівництво цими роботами.

Адміністрація будівельно-монтажної організації перед допуском до роботи працівників, уперше зарахованих до штату організації, у процесі виконання нами робіт зобов'язана провести інструктаж працівників з безпечних методів праці. Повторний інструктаж необхідно проводити для усіх працівників не рідше ніж 1 раз на три місяці.

Безпека праці на будівельно-монтажних роботах повинна бути забезпечена шляхом вибору раціональних методів виконання робіт, які виключають можливість виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів у робочій зоні, виконання відповідних заходів і застосування засобів техніки безпеки и виробничої санітарії, що запобігають або зменшують вплив на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Під час будівельно-монтажних робіт необхідно передбачити таку технологічну послідовність виробничих операцій, щоб попередня операція не була джерелом виробничої небезпеки для наступних операцій.

Застосовувані на виробництві будівельно-монтажних робіт будівельні машини, виробниче обладнання, технологічне оснащення і засоби малої механізації за технічними характеристиками повинні відповідати умовам виконання робіт, а їх розміщення не повинне створювати небезпеки для працівників.

Усі особи, які знаходяться на будівельно-монтажному майданчику, зобов'язані носити захисні каски.

Уздовж периметру споруди, яка знаходиться у процесі спорудження, під час переміщення, установлення і закріплення елементів конструкцій необхідно позначити добре видимими попереджувальними (заборонними) знаками або надписами зони, небезпечні для знаходження людей.

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

Керівники будівельно-монтажних організацій зобов'язані забезпечити усіх робітників санітарно-побутовими приміщеннями і обладнанням відповідно до затверджених гігієнічних вимог до облаштування і обладнання санітарно-побутових приміщень для працівників будівельно-монтажних організацій.

Підготовка і уведення у дію санітарно-побутових приміщень і пристроїв повинні бути закінченими до початку будівельно-монтажних робіт на об'єкті.

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

7 Економічний розділ

Особливості монтажу машин і агрегатів на місці експлуатації

Виробничий і технологічний процеси монтажу

До монтажних робіт належать монтаж обладнання промислових підприємств, підйомно-транспортного обладнання, електротехнічного обладнання, засобів автоматики, обладнання для здійснення зв'язку і сигналізації, контрольно-вимірвальних приладів і пристроїв, теплоенергетичного та іншого обладнання, технологічних трубопроводів і металоконструкцій.

Роботи із монтажу технологічного, енергетичного і підйомно-транспортного обладнання, технологічних трубопроводів і металоконструкцій взаємозв'язані і їх виконують зазвичай одні й ті ж самі організації. Тому серед монтажних робіт виділяють під загальною назвою механомонтажні роботи, серед яких відповідно розрізняють три види:

- монтаж обладнання;
- монтаж трубопроводів;
- монтаж металоконструкцій.

Монтаж обладнання – комплекс робіт, які містять:

- складання машин, агрегатів та іншого обладнання;
- установлення їх у робоче положення на передбаченому проектному місці;
- складання і з'єднання у технологічні лінії;
- випробування на холостому ходу і під навантаженням;
- допоміжні, підготовчі та підгоночні операції.

Виробничий процес монтажу обладнання – це сукупність взаємопов'язаних дій над виробами машинобудівництва (машинами, механізмами, апаратами, їх вузлами тощо), у результаті чого створюють окремо змонтований агрегат, промислові лінії, комплекси або технологічні установки, призначені для виробництва промислової продукції певного виду.

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

Монтажний технологічний процес – частина монтажного виробничого процесу, безпосередньо пов'язана із послідовною зміною просторового положення або стану елементів монтованого агрегату. Особливістю монтажного технологічного процесу і його характерною ознакою є можливість виділення, реєстрації та оцінювання зміненого стану монтованого елементу або обладнання.

Монтаж обладнання складається із підготовчих робіт, власне монтажних робіт, опробування і випробування змонтованого обладнання. Монтажні технологічні процеси розділяють на основні, підготовчі та пусконаладжувальні.

До власне монтажних належать наступні роботи:

- перевірка фундаментів і приймання їх під монтаж;
- установлення фундаментних болтів і закладних частин;
- перевірка комплектності обладнання і приймання його у монтаж;
- розбирання обладнання, його очищення від консервувального змащування, промивання, огляд частин та їх змащування, укрупнене складання обладнання, яке поставляють частинами;
- переміщення обладнання або його вузлів і деталей у межах монтажної зони, установлення обладнання у проектне положення (основні такелажні роботи), установлення прокладок;
- вивірювання і кріплення до фундаментів;
- складання і установлення металевих конструкціях, які входять до складу поставки, трубопроводів, арматури, контрольно-вимірювальної та пуско-регулювальної апаратури, огорожень, систем централізованого змащування, заправлення змащувальними матеріалами і заливання охолоджувальними рідинами.

Вказані роботи належать до основних технологічних процесів монтажу.

Серед монтажних робіт провідними технологічними процесами є складання обладнання і вузлів, установлення у проектне положення із необхідною точністю і подальше закріплення на фундаментах. Ці процеси значним чином визначають якість монтажу машин і агрегатів, стабільність їх проектного положення у технологічних лініях і установках, а також надійність під час експлуатації.

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

До важливих технологічних процесів, особливо під час монтажу великогабаритного обладнання, можуть бути також віднесені й такелажні роботи. До такелажних работ належать:

- горизонтальне, вертикальне і нахилене переміщення обладнання на монтажному майданчику;
- установлення, знімання і пересування такелажних засобів (мачт, лебідок тощо).

При цьому такелажні процеси, які здійснюють у межах монтажної зони, належать до основних, а поза нею – до підготовчих технологічних процесів монтажу.

Монтажні підготовчі технологічні процеси складаються із комплексу завантажувально-розвантажувальних і транспортних операцій, укрупненого складання обладнання, трубних вузлів і металевих конструкцій, які здійснюють поза зони їх установлення.

Комплексне випробування обладнання – роботи, які забезпечують перевірку відповідності змонтованого обладнання технічним вимогам. Перевіряють герметичність і міцність стиків, точність установлення вузлів і деталей, роботу обладнання на холостому ходу і під навантаженням упродовж часу, визначеного нормативними документами, а також часу, необхідного для припрацювання його вузлів.

Налагоджування – підготовка технологічного обладнання до виконання певного технологічного процесу у складі лінії або установки разом із приладами і пристроями контролю, автоматичного регулювання і керування.

Продукція механомонтажного виробництва – комплекс змонтованого на об'єкті технологічного, підйомно-транспортного і енергетичного обладнання, технологічних трубопроводів і металоконструкцій.

Предмет праці під час механомонтажних роботах – обладнання, трубопроводи, їх вузли і деталі, металеві конструкції.

Основна відмінність монтажу від складальних работ у машинобудуванні полягає у тому, що продукцію монтажного виробництва після її створення закріплюють нерухомо на визначеному місці.

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

Територія, на якій проводять роботи з монтажу однієї або декількох одиниць обладнання, ділянок трубопроводів або металоконструкцій, називають монтажною зоною. Монтажна зона є робочим місцем монтажника. Монтажним майданчиком називають територію, на якій виконують роботи з монтажу усіх машин, агрегатів та іншого технологічного обладнання, трубопроводів і металоконструкцій.

Технологічні процеси монтажу розділяють на операції. Монтажною операцією називають частину технологічного процесу монтажу, яку виконують над вузлом, машиною або агрегатом на одному робочому місці (у межах однієї монтажної зони), одним працівником або групою працівників, зв'язаних однією метою. Монтажна операція характеризується постійністю складу працівників, робочого місця, знарядь і предметів праці.

Монтажний перехід – частина технологічної операції, яку характеризує час, необхідний для переходу від однієї операції до іншої.

Приєм – закінчена сукупність окремих рухів працівника у процесі виконання монтажної операції, яку характеризує певна ціль, що об'єднує ці рухи, постійність її складу і послідовність виконання.

Монтажна технологічність

Монтажна технологічність обладнання – сукупність властивостей конструкції обладнання, яка проявляється у можливості оптимальних витрат праці, засобів, матеріалів і часу під час його монтажу порівняно із відповідними базовими показниками однотипного обладнання того самого призначення за умови забезпечення установлених показників якості, прийнятих умов і технології монтажу.

Загальне якісне оцінювання монтажної технологічності обладнання може бути здійснене шляхом аналізу:

- дотримання вимог заводської готовності і комплектності виробів машинобудування, здійснення випробувань на стендах заводу-виробника;
- ступеня укрупнення габаритного обладнання у агрегатовані або монтажні блоки із трубопроводами, арматурою, електроприводами, контрольно-вимірювальними

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

приладами, засобами автоматики і керування, змонтованими заводом-виробником на спеціальних базових конструкціях (рамах);

- ступеня складальності габаритного обладнання, наявності пломб і заглушок, які попереджають його розкриття до пускових випробувань;
- розмірів поставлених частин негабаритного обладнання;
- забезпечення зручності під час стропування, вивірювання, центрування і установа на фундамент;
- можливості зручного і точного складання елементів під час монтажу.

Загальні монтажні-технологічні вимоги до конструкцій і поставок обладнання регламентовані ГОСТом 24444–87 «Обладнання технологічне. Загальні вимоги монтажної технологічності». Кількісно монтажну технологічність оцінюють за допомогою спеціальних показників, які характеризують обладнання за різними критеріями:

- збірності, блоковості та заводської готовності;
- трудомісткості, вартості та тривалості монтажу;
- точності виготовлення і забезпечення складальності окремих вузлів.

При цьому застосовують загальні, питомі та відносні показники, а також інші критерії.

Нижче наведені деякі терміни та визначення, які використовують під час розроблення монтажні-технологічних вимог до обладнання.

Заводська готовність обладнання – сукупність властивостей обладнання, яка визначає ступінь закінчення на підприємстві-виробнику, передбачених конструкторською документацією складально-зварних робіт, обкатування і випробування обладнання.

Довиготовлення обладнання (сосудів і апаратів) – сукупність робіт, передбачених заводською технологічною документацією підприємства-виробника посудів і апаратів, виконання яких здійснюється на майданчику споживача відповідно до нормативно-технічної документацією.

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

Транспортабельність – властивість виробу, яку визначає сукупність параметрів, що характеризують можливість і умови транспортування за даних технічних і експлуатаційних параметрів шляхів сполучення і засобів транспортування.

Габаритне обладнання – обладнання, яке відповідає за своїми розмірами вимогам, установленим правилами перевезення вантажів залізничним транспортом.

Транспортабельне негабаритне і важковагове обладнання – обладнання, перевезення якого можливе лише на спеціальному рухомому складі та повинна бути попередньо узгоджена у встановленому порядку.

Нетранспортабельне обладнання – обладнання, яке у зібраному вигляді не може бути перевезене залізничним транспортом.

Транспортовані частини негабаритного обладнання – великі складальні одиниці, на які у зв'язку із нетранспортабельністю у складеному вигляді розділене обладнання для транспортування з підприємства-виробника до місця встановлення.

Блок агрегатованого обладнання (блок) – конструктивно закінчений комплекс, який складається із однієї або декількох одиниць обладнання, комунікацій, приладів і обслуговуючих конструкцій, який забезпечує реалізацію основних процесів.

Монтажний блок – сукупність обладнання, комунікацій, приладів і конструкцій, зібраних попередньо для встановлення у проектне положення.

Технологічна установка – сукупність технологічно об'єднаного обладнання, конструкцій і комунікацій для здійснення технологічного процесу.

Блок-бокс – транспортабельна споруда стаціонарного призначення зі змонтованим усередині його обладнанням, комунікаціями, системами управління і живлення, призначена для реалізації частини технологічного виробничого процесу, а також тривалого або безперервного перебування експлуатаційного персоналу (блок-бокс є частиною технологічної установки, розміщеної у транспортабельну споруду і з'єднаної комунікаціями з її іншими частинами).

Блок-контейнер – те саме, що й блок-бокс, але призначений для короткотермінового перебування експлуатаційного персоналу під час обслуговування і ремонту.

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

Вимоги до виготовлення і випробування обладнання

Обладнання на підприємстві-виробнику піддають повному складанню, обкатуванню і випробуванню. Для негабаритного обладнання, загальне складання якого неможливе в умовах заводу-виробника, допускається контрольне складання суміжних частин, яка забезпечує їх монтаж без додаткової підгонки, обкатування і випробування окремих вузлів. Апарати, які складаються із двох, трьох секцій та більше, випробовують у складеному вигляді для перевірки герметичності міжсекційних з'єднань.

За відсутності технічної можливості проведення обкатування і випробування негабаритного обладнання на підприємстві-виробнику обкатування і випробування необхідно провести підприємством-виробником спільно із організацією, яка здійснює монтаж, і замовником на місці установлення обладнання після його довиготовлення (за необхідності) і монтажу.

Обладнання, а також частини і вузли негабаритного обладнання, поставлені заводом-виробником у складеному вигляді, під час монтажу і підготовки до пуску не повинні піддаватися розбиранню для ревізії або розконсервації під час заміни масел. Вимоги до безрозбірного консервування не поширюються на складальні одиниці обладнання, яке вимагає перед пуском у експлуатацію знежирення, якщо таке не може бути здійснене без розбирання. Усі штуцери і отвори обладнання на період транспортування і зберігання мають бути заглушені. Внутрішні необроблені поверхні литих корпусних деталей, заповнювані маслом, на підприємстві-виробнику мають бути захищені маслостійким покриттям.

Під час виготовлення машин, які поставляють окремими транспортованими частинами, після контрольного складання має бути забезпечена складальність півмуфт, у тому числі:

– у жорстких муфтах отвори півмуфт повинні співпадати, а з'єднувальні болти щільно (без зазорів) входити у отвори; за притиснутих, але не стягнутих болтами півмуфтах зазор між їхніми торцями не повинен перевищувати установлених розмірів;

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

– у пружних муфтах з'єднувальні пальці повинні входити щільно від руки у отвір веденої мівмуфти; у отвори ведучої мівмуфти пальці з надітими кільцями повинні входити вільно, без деформації; зазори між пальцями і розточуваннями на ведучій півмуфті мають бути однаковими (у межах встановлених допусків).

У роз'ємних (фланцевих) з'єднаннях обладнання на заводі-виробнику повинні бути установлені проектні прокладки і робочі ущільнення (сальникові, торцеві), які не підлягають заміні під час монтажу. Запобіжні клапани, установлені на обладнання, мають бути відрегульовані на заводі-виробнику на установлений тиск, опломбовані і не мають вимагати регулювання під час монтажу.

Ротори й інші обертові елементи машин мають бути відбалансовані на заводі-виробнику і не мають вимагати повторного балансування під час монтажу. Складальні одиниці обладнання, установлені на загальних фундаментних рамах, плитах, станинах, після центрування і випробування мають бути надійно зафіксовані. Методи фіксації мають виключати повторне центрування складальних одиниць.

У роз'ємних фланцевих з'єднаннях блоків, а також у з'єднаннях окремих складальних одиниць і деталей, знятих з обладнання з метою забезпечення транспортабельності або збережуваності, мають бути передбачені необхідні установочні контрольні штифти або риски, які забезпечують з'єднання машин і агрегатів без розміточних, підгоночних і регулювальних робіт.

Під час виготовлення судів і апаратів, транспортованих із заводу-виробника до місця установлення у складеному вигляді, мають бути виконані передбачені проектом внутрішні покриття.

Якщо під час транспортування і у процесі монтажу внутрішні пристрої можуть переміщуватися або деформуватися, то вони мають бути додатково закріплені розклинюванням, стопорінням, установленням тимчасових розпірок, стяжок, фіксаторів тощо. На зовнішній поверхні апаратів у цьому випадку мають бути виконані попереджувальні надписи про необхідність видалення допоміжних вузлів кріплення під час монтажу.

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

Трубопроводи, які входять до складу обладнання (машин, апаратів), незалежно від того, поставляють їх приєднаними до обладнання або окремо від нього, мають бути виготовлені на заводі і поставлятися випробованими на міцність і герметичність, очищеними від зовнішньої і внутрішньої окалини та іржі, із внутрішніми захисними покриттями.

Трубопроводи, які поставляють окремо від обладнання, мають бути виготовлені у вигляді вузлів (трубних збірок), промарковані, повинні мати мінімально можливу кількість монтажних стиків. Допускають поставку прямих ділянок трубопроводів у вигляді труб мірної довжини у комплекті з фланцями, прокладками і кріпильними деталями.

У трубопроводній арматурі мають бути просвердлені отвори у приєднувальних фланцях. Приєднувальні поверхні фланців арматури виконують відповідно до вимог споживача. У межах терміну дії гарантії підприємства-виробника арматуру під час монтажу не розбирають і не випробовують на міцність і щільність. Непофарбовані поверхні арматури на період транспортування, зберігання і монтажу мають бути захищені від корозії.

У машинах із віброізолюючими пристроями на період транспортування мають бути установлені жорсткі кріпильні елементи (деталі), які запобігають деформації цих пристроїв.

Трубчасті елементи обладнання (змійовики, секції, колектори, пучки теплообмінних апаратів тощо) необхідно транспортувати після випробування зібраними, із заглушеними отворами і захищеними від пошкоджень.

Вимоги до комплектності обладнання і технічної документації

Комплектність обладнання визначають стандарти і технічні вимоги. До комплекту обладнання мають входити:

- фундаментні болти із закладними деталями;
- суміжні фланці з двома комплектами робочих прокладок (включно із запасною) і кріпильними деталями для фланцевих з'єднань;

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

- накидні гайки із ніпелями для різьбових з'єднань штуцерів;
- регулювальні (віджимні) гвинти з контргайками і опорними пластинами;
- ущільнювальні прокладки;
- комплекти підігнаних і замаркованих на підприємстві-виробнику регулювальних прокладок, установлюваних у монтажних роз'ємах неприєднаних до обладнання складальних одиниць і деталей;
- матеріали (електроди, дрiт і флюси), необхідні для зварювання транспортованих частин обладнання, а також для до виготовлення апаратів;
- трубопроводи, які входять до складу обладнання, але не приєднані до нього, разом із арматурою, прокладками, кріпильними деталями, опорами і підвісками;
- зразки (пластин і труб) для контрольного зварювання і випробування швів з'єднань апаратів, які вимагають до виготовлення на будівельному майданчику, а також трубопроводів, які входять до складу обладнання;
- спеціальні інструменти, пристосування, передбачені технічною документацією і необхідні під час монтажу, випробувань і експлуатації обладнання;
- вироби для кріплення теплоізоляції та різних футеровок, не установлені на обладнанні і його транспортованих частинах заводом-виробником;
- матеріали, необхідні для фарбування монтажних стиків і виправлення пошкоджених під час транспортування поверхонь обладнання;
- пристосування для гідравлічного випробування пучків теплообмінної апаратури;
- спеціальні знімні вантажозахватні пристосування (хомути, траверси) та інші пристрої, передбачені технічним проектом обладнання.

Під час транспортування партії обладнання одного типорозміру у одну адресу комплектувальні вироби багаторазового використання зазвичай включають у комплект першої одиниці обладнання. Кількість виробів по цим позиціям установлюють у договорі. До обладнання додають супроводжувальну і технічну документацію.

Супроводжувальна документація для кожної одиниці обладнання має містити:

- паспорт або формуляр;

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						62
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

– копії актів відділу технічного контролю (ВТК) про проведення балансування окремих вузлів, контрольного складання із зазначенням фактичних розмірів і зазорів (під час транспортування обладнання частинами), результати випробувань і приймання обладнання;

- специфікацію;
- пакувальні відомості.

Технічна документація має містити:

- складальне креслення обладнання і складальні креслення основних складальних одиниць (під час транспортування обладнання частинами);
- монтажне креслення (крім апаратів, на які такі креслення не розробляють);
- схеми змащування, охолодження, ущільнення, автоматики і керування;
- робочі креслення, паспорти, сертифікати та інші документи на трубопроводи, матеріали та деталі для їхнього виготовлення, необхідні під час оформлення документації для здавання трубопроводів у експлуатацію;
- експлуатаційну документацію, включно із схемами стропування, інструкції (вказівки) з монтажу обладнання, вимоги з його зберігання, методів розконсервування, вимоги до підготовки і проведення індивідуальних випробувань і передавання у комплексне випробовування;
- технічні умови на обладнання індивідуального виготовлення (за відсутності на це обладнання стандартів або групових технічних умов).

Перелічені документи зазвичай поставляють із першою партією обладнання у кількості, обумовленій договором на постачання.

У складальних кресленнях обладнання мають бути вказані:

- перелік поставлених вузлів, їх габарити і маси;
- схеми маркування поставлених вузлів і окремо поставлених складальних одиниць;
- план розміщення фундаментних болтів і регулювальних гвинтів у опорних частинах обладнання;
- місця установлення пломб;

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						63
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- місця устанавлення рівня і монтажні rischi, необхідні для устанавлення і вивірювання обладнання;
- стрілки напрямку обертання механізмів (за необхідності);
- перелік виробів, які підлягають розробленню під час монтажу;
- вимоги до фундаментів (основам) і підливки;
- вимоги до монтажу обладнання із послідовністю складання поставлених вузлів, допустимі граничні відхилення, установочні зазори і розміри, необхідні під час складання обладнання і його вивірювання.

					131.05BP.000.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						64
<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>
						65
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		