

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

(підпис, дата)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему

«Насос нафтовий магістральний НМ 200-650»

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

Виконав студент гр. ГМ.м-91

Ракітянський М.М.

В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання

Керівник

Колісніченко Е.В.

Суми 2020

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

прикладної гідроаеромеханіки
_____ Ковальов І.О.
«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Ракітянському Максиму Михайловичу

1 Тема роботи: «Насос нафтовий магістральний НМ 200-650»

затверджена наказом по університету від “__” _____ 20__ р. № ____

2 Термін здачі студентом закінченої роботи 10.12.2020

3 Вихідні дані до роботи:

Подача $Q = 200$ м³/год, напір $H = 650$ м, частота обертів ротора $n = 3000$ об/хв., густина робочої рідини $\rho = 1000$ кг/м³.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

- гідравлічні розрахунки (робочого колеса, напрямного апарату, гідроп’яти, підводу, відводу);
- розрахунки на кавітацію;
- розрахунки з вибору електродвигуна;
- розрахунки на міцність.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

теоретичне креслення РК проміжної ступені, креслення РК, креслення напрямного апарату, креслення секції, складальне креслення насоса, монтажне креслення насоса, креслення ротора насоса, креслення деталей, 3-D креслення робочого колеса.

6 Перелік додаткових розділів до кваліфікаційної роботи та закріплених за ними консультантів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Васькін Р.А.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Гідравлічні розрахунки	30.09.2020	
2	Теоретичне креслення робочого колеса		
3	Креслення робочого колеса		
4	Розрахунки на кавітацію		
5	Креслення напрямного апарату		
6	Розрахунки з вибору електродвигуна		
7	Креслення секції		
8	3-D креслення РК		
9	Розрахунок ущільнення	07.10.2020	
10	Розрахунки на міцність		
11	Розрахунки з вибору підшипників		
12	Складальне креслення насоса	21.10.2020	
13	Монтажне креслення насосного агрегата	07.11.2020	
14	Креслення деталей насосу	14.11.2020	
15	Креслення ротора насоса		
16	Виконання розділу з охорони праці	21.11.2020	
17	Оформлення РПЗ та графічних матеріалів	10.12.2020	
18	Захист роботи	25.12.2020	

Дата видачі завдання: 10.09 2020 р.

Студент

(підпис)

Ракітянський М.М.

Керівник

(підпис)

Колісніченко Е.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 55 с., 14 рисунків, 4 таблиці, 11 літературних джерел.

Тема кваліфікаційної роботи – «Насос нафтовий магістральний НМ 200-650: $Q=200\text{м}^3/\text{год}$, $H=650\text{ м}$ ».

- Графічні матеріали: 4 листи формату А1: теоретичне креслення робочого колеса, креслення робочого колеса, креслення направляючого апарату, креслення корпусу секції. Також креслення ротора (А3х4), складальне креслення насоса (А2х4) та монтажне креслення (А2х3).

Мета роботи – Розробка насосу типу НМ на параметри: $Q=200\text{ м}^3/\text{год}$, $H=650\text{м}$.

Відповідно до поставленої мети було:

- проведено літературний огляд за темою роботи і визначені шляхи досягнення поставленої мети;
- проведено аналіз досліджень і вибрана конструктивна схема насоса;
- виконано розрахунок та проектування робочого колеса;
- виконано розрахунок та проектування направляючого апарату;
- вибрано електродвигун.

У розділі охорони праці виконано:

1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати на підприємстві з підготовки нафти
2. Техніка безпеки під час виконання ремонтних робіт гідравлічного обладнання
3. Дії обслуговуючого персоналу під час пожежі на підприємстві з підготовки нафти.

Ключові слова: насос, робоче колесо, гідродинамічні сили, міцність, чисельні розрахунки.

Зміс

1 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	5
1.1 Проектування робочого колеса.....	5
1.1.1 Визначення основних геометричних параметрів	5
1.1.2 Вихідні дані для розрахунку.....	5
1.1.3 Визначення діаметра вала та втулки робочого колеса.....	8
1.1.4 Визначення геометричних параметрів на вході у робоче колесо	9
1.1.5 Визначення кількості лопатей та їх товщини	11
1.1.6 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку	12
1.1.7 Визначення геометричних параметрів виходу з робочого колеса.....	13
1.1.8 Уточнення зовнішнього діаметра робочого колеса з урахуванням кінцевого числа лопатей.....	15
1.1.9 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку на виході з робочого колеса.....	17
1.1.10 Проектування меридіанного перерізу робочого колеса.....	18
1.1.11 Підготовка меридіанного перерізу робочого колеса для профілювання лопаті	22
1.1.12 Профілювання лопаті	26
1.1.13 Виконання робочого креслення робочого колеса	36
1.2 Проектування направляючого апарату	37
2 Розрахунок насоса на кавітацію	41
3 Вибір електродвигуна.....	44
4 Охорона праці.....	45
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати на підприємстві з підготовки нафти.....	45
4.2 Техніка безпеки під час виконання ремонтних робіт гідравлічного обладнання	50
4.3 Дії обслуговуючого персоналу під час пожежі на підприємстві з підготовки нафти.	53
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	55

1 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ

1.1 Проектування робочого колеса

1.1.1 Визначення основних геометричних параметрів

Визначення основних геометричних параметрів проводилося за методикою [2, 11].

На рис.1 зображено Меридіанний переріз робочого колеса відцентрового насоса.

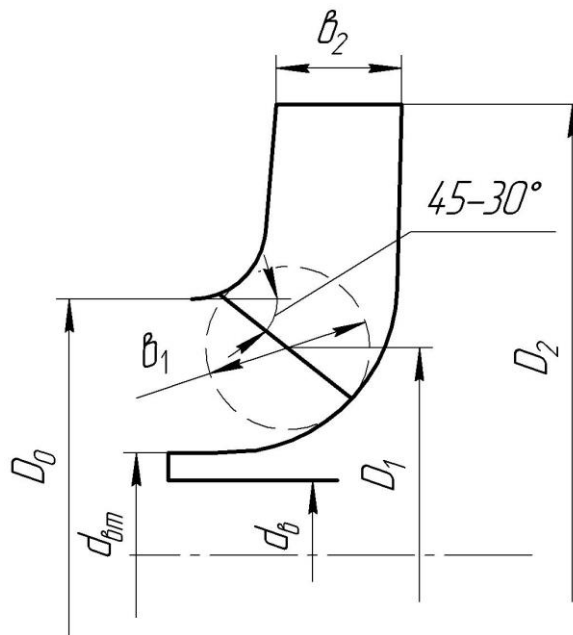


Рисунок 1 –Робоче колесо відцентрового насоса в меридіанному перерізі

1.1.2 Вихідні дані для розрахунку

- Проектування робочого колеса (вихідні дані) :
- тип робочого колеса: однопотокове ($\alpha = 1$), двопотокове ($\alpha = 2$);
- густина перекачуваної рідини $\rho = 1000$, кг/м³;
- подача $Q' = \frac{Q}{\alpha} = 200$, м³/год;
- напір $H = 650$, м.

Коефіцієнт швидкохідності

- при кількості ступенів $i = 6$

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{Q'}{3600}}}{\left(\frac{H}{i}\right)^{3/4}} = \frac{3,65 \cdot 3000 \cdot \sqrt{\frac{200}{3600}}}{\left(\frac{650}{6}\right)^{3/4}} = 76,9;$$

- при кількості ступенів $i = 7$

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{Q'}{3600}}}{\left(\frac{H}{i}\right)^{3/4}} = \frac{3,65 \cdot 3000 \cdot \sqrt{\frac{200}{3600}}}{\left(\frac{650}{7}\right)^{3/4}} = 86,3;$$

- при кількості ступенів $i = 8$

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{Q'}{3600}}}{\left(\frac{H}{i}\right)^{3/4}} = \frac{3,65 \cdot 3000 \cdot \sqrt{\frac{200}{3600}}}{\left(\frac{650}{8}\right)^{3/4}} = 95,4.$$

Обираємо насос з вісьмома ступеннями, т.я. такому насосу відповідає $n_s = 95,4$, що свідчить про більший рівень ККД насоса, ніж у насосів з меншою кількістю ступенів. Подальше збільшення кількості ступенів не є доцільним, т.я. при цьому збільшувється масогабаритні показники насоса.

Приведений діаметр робочого колеса знаходиться за формулою Суханова, мм:

$$D_{1np} = K_{ex} \sqrt[3]{\frac{Q'}{3600n}} 10^3,$$

де $K_{ex} = 3,5 - 5,0$ - коефіцієнт вхідної воронки робочого колеса.

Більші значення K_{ex} беруться для збільшення кавітаційних характеристик робочого колеса, а також при малих розмірах ($D_{1np} < 70$ мм).

$$D_{1np} = 3,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{200}{3600 \cdot 3000}} \cdot 10^3 = 92,6 \text{ мм.}$$

Знаходимо об'ємний ККД за формулою

$$\eta_{об} = \frac{1}{1 + 0,68n_s^{-\frac{2}{3}}} = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot 95,4^{-\frac{2}{3}}} = 0,94.$$

Розраховуємо подачу робочого колеса

$$Q_{р.к.} = \frac{Q'}{\eta_{об}} = \frac{200}{0,94} = 212,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначаємо гідравлічний ККД

$$\eta_{г} = 1 - \frac{0,42}{(\lg D_{1np} - 0,172)^2} = 1 - \frac{0,42}{(\lg 92,6 - 0,172)^2} = 0,87.$$

Знаходимо внутрішній механічний ККД

$$\eta'_M = \frac{1}{1 + 820n_s^{-2}} = \frac{1}{1 + 820 \cdot 95,4^{-2}} = 0,92.$$

Повний ККД насоса розраховується за формулою

$$\eta = \eta_{об} \eta_{г} \eta'_M \eta_M,$$

де $\eta_{г}$ - гідравлічний ККД;

η'_M - внутрішній механічний ККД;

η_M - зовнішній механічний ККД.

При дослідженні зовнішнього механічного ККД було розглянуто такі граничні данні : $\eta_M = 0,95 - 0,99$ (менші значення беруться для малих потужностей).

Після даного визначення доцільним бачимо застосування зовнішнього механічного ККД з показником, що дорівнює $\eta_M = 0,99$.

$$\eta = 0,94 \cdot 0,87 \cdot 0,92 \cdot 0,99 = 0,74$$

Розраховуємо споживану потужність насоса (Вт) за формулою

$$N = \frac{\rho g Q H}{3600 \eta},$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Після підстановки усіх складових до виразу з визначення споживаної потужності, отримаємо:

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 200 \cdot 650}{3600 \cdot 0,74} = 478716 \text{ Вт} = 478,7 \text{ кВт}$$

Далі ми визначаємо теоретичний напір робочого колеса, м:

$$H_T = \frac{H}{\eta_r} = \frac{650}{0,87} = 93,4 \text{ м.}$$

1.1.3 Визначення діаметра вала та втулки робочого колеса

При першому наближенні діаметр вала мм, знаходимо по формулі кручення

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau_k]}},$$

де $M = \frac{N_{\max} \cdot 30}{\pi n}$ - крутний момент на валу насоса, Н·м;

$N_{\max} = 1,1 \cdot N$ - максимальна потужність насоса, Вт;

$[\tau_{\kappa}] = 10 - 30$ МПа- занижене максимальне напруження на кручення, МПа

(малі показники застосовуємо при консольних насосах).

В нашому випадку обираємо $[\tau_{\kappa}] = 30$ МПа.

$$N_{\max} = 1,1 \cdot 478716 = 526588 \text{ Вт} = 526,6 \text{ кВт},$$

$$M = \frac{526588 \cdot 30}{3,14 \cdot 3000} = 1676 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{1676 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 65,4 \text{ мм}.$$

Отриманий діаметр округляємо до стандартного у більший напрямок

$$d_{\text{в}} = 70 \text{ мм}$$

Орієнтовно з виразу обираємо діаметр втулки, мм

$$d_{\text{вт}} = (1,2 - 1,25) \cdot 70 = (84 - 87,5) \text{ мм}.$$

В нашому випадку приймаємо

$$d_{\text{вт}} = 85 \text{ мм}.$$

1.1.4 Визначення геометричних параметрів на вході у робоче колесо

Проводимо розрахунок за формулою вхідної воронки діаметра робочого колеса, мм.

$$D_0 = \sqrt{D_{1пр}^2 + d_{вт}^2} = \sqrt{92,6^2 + 85^2} = 139 \text{ мм.}$$

Підставляючи відомі данні знаодимо швидкість потоку на вході до робочого колеса

$$V_0 = \frac{4Q_{р.к.}}{3600\pi(D_0^2 - D_{вт}^2)} = \frac{4 \cdot 212,8}{3600 \cdot 3,14 \cdot (0,126^2 - 0,085^2)} = 8,7 \text{ м/с.}$$

Закладаємо напрямок вхідної кромки, яка знаходиться у зоні повороту потоку з осьового напрямку у радіальний під кутом 45-30° до осі насоса (аналогічна робота проводиться з робочими колесами із високим ККД подібних n_s).

Приблизно D_1 беруть таким, що дорівнює $0,8D_0$

$$D_1 = 0,8 \cdot D_0 = 124 \text{ мм.}$$

Для того щоб анти кавітаційні характеристик робочого колеса зростали, вхідну кромку виконують криволінійною та виносять у вхідну воронку. У першому наближенні меридіанну складову швидкості V'_{1m} без урахування стиснення потоку лопатями беруть такою, що дорівнює V_0 .

$$V'_{1m} = V_0 = 8,7 \text{ м/с.}$$

При вході потоку на лопать меридіанна складова абсолютної швидкості збільшується та знаходиться по формулі:

$$V_{1m} = \Psi_1 V'_{1m},$$

де $\Psi_1 = 1,15-1,3$ - коефіцієнт стиснення потоку на вході.

Підставляючи отримуємо:

$$V_{1m} = 1,15 \cdot 8,7 = 10 \text{ м/с.}$$

Розраховуємо кут потоку на вході, град. з трикутника швидкостей по заданій формулі:

$$\beta_{1\Pi} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1 - V_{1U}},$$

де $U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60}$ - переносна швидкість на вході у робоче колесо, м/с;

V_{1U} - колова складова абсолютної швидкості на вході у робоче колесо, м/с.

$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.126 \cdot 3000}{60} = 19,8 \text{ м/с}.$$

$V_{1U} = 0$ - колова складова абсолютної швидкості на вході у робоче колесо, м/с.

Підставляючи данні знаходимо кут потоку на вході:

$$\beta_{1\Pi} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1 - V_{1U}} = \arctg \frac{10}{19,8} = 26,5^\circ.$$

Кут нахилу лопаті на вході у робоче колесо, градзнаходиться по формулі:

$$\beta_1 = \beta_{1\Pi} + \Delta\beta.$$

Приймаємо $\Delta\beta = 3,5^\circ$

Тепер знаходимо кут нахилу лопаті на вході у робоче колесо :

$$\beta_1 = 26,5 + 3,5 = 30^\circ.$$

1.1.5 Визначення кількості лопатей та їх товщини

Відцентрових насосів різних розмірів та коефіцієнтів швидкохідності з високими техніко-економічними показниками в основній частині мають число лопатей $z = 5-8$. В деяких випадках число лопатей зменшують до 1-3.

В нашому випадку ми приймаємо число лопатей $z = 7$.

Товщину лопаті робочого колеса практично завжди визначають з технологічних міркувань. В нашому випадку, беремо товщину лопаті на вході у робоче колесо

$$s_1 = 2 - 10 \text{ мм при } D_1 = 150 - 500 \text{ мм.}$$

Товщина лопаті на виході з робочого колеса s_2 беремо такою, що дорівнює s_1 , а до середини лопаті плавно зростає.

В нашому випадку приймаємо $s_1 = s_2 = 4 \text{ мм.}$

1.1.6 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку

Після того як ми вибрали числа лопатей та їх товщини, уточнюємо значення Ψ'_1 за данною формулою

$$\Psi'_1 = \frac{1}{1 - \frac{z \cdot s_1}{2\pi R_1 \sin \beta_1}}.$$

Треба щоб була забезпечена умова $|\Psi'_1 - \Psi_1| \leq 0,01$. Якщо умова не виконується, то роблять друге наближення, задаючись $\Psi''_1 = \Psi'_1$, визначають V_{1m} , потім β_{1II} та $\Delta\beta$ (див. п. 1.3). Повторюємо, поки не виконається умова $|\Psi'_1 - \Psi_1| \leq 0,01$.

$$\psi'_1 = \frac{1}{1 - \frac{7 \cdot 4}{2 \cdot 3,14 \cdot 63 \cdot \sin 30^\circ}} = 1,16.$$

Треба щоб виконувалася умова $|\Psi'_1 - \Psi_1| \leq 0,01$.

У нашому випадку $|1,16 - 1,15| \leq 0,01$ – умова виконана.

Підставляючи відомі данні, знаходимо ширину робочого колеса, м, на вході:

$$b_1 = \frac{Q_{p.k.}}{\pi D_1 V_{1m} 3600} = \frac{212,8}{3,14 \cdot 0,101 \cdot 10 \cdot 3600} = 0,021 \text{ м.}$$

1.1.7 Визначення геометричних параметрів виходу з робочого колеса

Спростуємо попереднє значення зовнішнього діаметра робочого колеса за допомогою основного рівняння роботи лопатевих насосів. У першому наближенні $V_{1U} = 0$ і $V_{2U} = 0,5U_2$. Тоді знаходимо колову швидкість на виході з робочого колеса

$$U_2' = \sqrt{\frac{gH_T}{0,5}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 93,4}{0,5}} = 42,8 \text{ м/с}.$$

Після цього, підставляємо та знаходимо діаметр на виході з робочого колеса при нескінченному числі лопатей:

$$D_2' = \frac{60U_2'}{\pi n} = \frac{60 \cdot 42,8}{3,14 \cdot 3000} = 0,27 \text{ м}.$$

Кінцеве значення D_2 визначають з урахуванням поправки на кінцеве число лопатей. За данною формулою знаходимо меридіанальну швидкість без урахування стиснення на виході з робочого колеса

$$V_{2m}' = (0,5 - 1,0)V_{1m}'.$$

Менші значення беруть у тому випадку, коли для полегшення відливання необхідно збільшити ширину робочого колеса на виході b_2 .

$$V_{2m}' = (0,5 - 1,0) \cdot 8,7 = (4,35 - 8,7) \text{ м/с}.$$

Після визначення діапазону, приймаємо:

$$V_{2m}' = 4,77 \text{ м/с}.$$

Кут на виході з робочого колеса β_2 знаходимо з трикутника швидкостей в залежності від прийнятого значення V'_{2m} для того, щоб отримати бажане відношення відносних швидкостей на вході та на виході $\frac{W_1}{W_{2\infty}}$:

$$\beta_2 = \arcsin \left(\frac{W_1}{W_{2\infty}} \frac{\Psi_2}{\Psi_1} \frac{V'_{2m}}{V'_{1m}} \sin \beta_1 \right),$$

де $\Psi_2 = 1,05 - 1,1$ - коефіцієнт стиснення потоку лопатями на виході з робочого колеса;

W_1 - відносна швидкість на вході у робоче колесо;

$W_{2\infty}$ - відносна швидкість на виході з робочого колеса при нескінченному числі лопатей.

Відношення $\frac{W_1}{W_{2\infty}}$ залежить від n_s . Графічна залежність $\frac{W_1}{W_{2\infty}} = f(n_s)$ наведеної

на малюнку 2.

Виходячи із забезпечення мінімуму втрат, рекомендують такі значення наведені в табл.1:

Таблиця 1

n_s	40	100	200	300
β_2 , град	30 - 36	25 - 30	20 - 22	15 - 20

Для підвищення напору кут β_2 може бути більшим, але тоді важче отримати повільно спадаючу напірну характеристику.

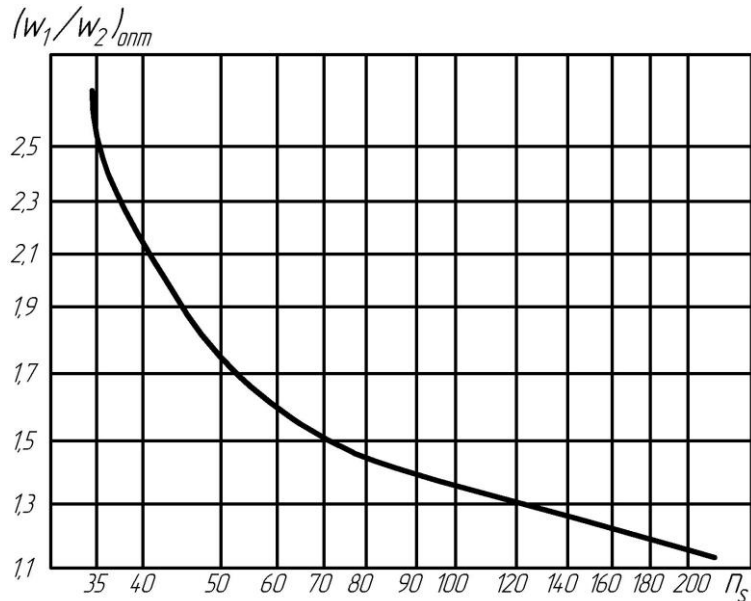


Рисунок 2 – Залежність $\frac{W_1}{W_{2\infty}}$ від n_s

Обираємо:

$$- \Psi_2 = 1,1$$

$$- \frac{W_1}{W_{2\infty}} = 1,47$$

$$- V'_{2m} = 4,77$$

Підставляючи значення, знаходимо кут на виході з робочого колеса β_2 :

$$\beta_2 = \arcsin\left(\frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{\Psi_2}{\Psi_1} \cdot \frac{V'_{2m}}{V'_{1m}} \cdot \sin\beta_1\right) = \arcsin\left(1,47 \cdot \frac{1,1}{1,15} \cdot \frac{4,77}{8,7} \cdot \sin 30^\circ\right) = 23^\circ$$

1.1.8 Уточнення зовнішнього діаметра робочого колеса з урахуванням кінцевого числа лопатей

Поправка K_z на кінцеве число лопатей визначається за формулою Пфлейдерера:

$$K_z = \frac{1}{1+p},$$

де

$$p = 2 \frac{\Psi}{z} \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2'}\right)^2}.$$

Коефіцієнт Ψ визначається залежно від n_s :

- при $n_s < 150$ визначаємо по формулі:

$$\Psi = (0,55 - 0,65) + 0,6 \sin \beta_2,$$

Де менші значення Ψ беруться для правильно розрахованих робочих коліс із лопатевими відводами;

Приймаємо:

$$\Psi = 0,6 + 0,6 \cdot \sin 23^\circ = 0,83.$$

І підставляючи знаходимо:

$$p = 2 \cdot \frac{\Psi}{z} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2'}\right)^2} = 2 \cdot \frac{0,83}{7} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{0,101}{0,27}\right)^2} = 0,276.$$

Після цього розраховуємо поправку K_z :

$$K_z = \frac{1}{1 + p} = \frac{1}{1 + 0,276} = 0,78$$

Підставляючи знайдені данні знаходимо теоретичний напір при нескінченному числі лопатей:

$$H_{T\infty} = \frac{H}{\eta_{\Gamma} K_z i} = \frac{650}{0,87 \cdot 0,78 \cdot 8} = 119,8 \text{ м.}$$

.

Далі знаходимо меридіанну швидкість на виході з урахуванням стиснення:

$$V_{2m} = \Psi_2 \cdot V_{2m}' = 1,05 \cdot 4,77 = 5,25 \text{ м/с.}$$

Знову підставляємо знайденні данні і знаходимо колову швидкість на виході з робочого колеса:

$$U_2 = \frac{V_{2m}}{2tg\beta_2} + \sqrt{\left(\frac{V_{2m}}{2tg\beta_2}\right)^2 + gH_{T\infty} + V_{1U}U_1} =$$

$$\frac{5,25}{2 \cdot tg23^\circ} + \sqrt{\left(\frac{5,25}{2 \cdot tg23^\circ}\right)^2 + 9,81 \cdot 119,8 + 0 \cdot 19,8} = 41 \text{ м/с.}$$

Після всіх вище зроблених розрахунків, ми знаходимо уточнений діаметр робочого колеса:

$$D_2 = \frac{60U_2}{\pi n} = \frac{60 \cdot 41}{3,14 \cdot 3000} = 0,270 \text{ м.}$$

1.1.9 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку на виході з робочого колеса

Після того як ми отримали значення s_2 та D_2 уточнюємо коефіцієнт стиснення потоку на виході з робочого колеса насоса

$$\Psi'_2 = \frac{1}{1 - \frac{z \cdot s_2}{\pi D_2 \sin \beta_2}}.$$

При цьому повинна виконуватися умова $|\Psi'_2 - \Psi_2| \leq 0,01$. Якщо умова не виконується, то виконуємо друге наближення, задаючи $\Psi''_2 = \Psi'_2$, визначають V_{2m} , β_2 та D_2 . Повторюємо, поки не буде виконана умова $|\Psi'_1 - \Psi_1| \leq 0,01$.

$$\Psi'_2 = \frac{1}{1 - \frac{7 \cdot 4}{3,14 \cdot 265 \cdot \sin 23^\circ}} = 1,1.$$

Де $s_2 = s_1 = 4$ мм.

Повинна бути виконана умова $|\Psi'_2 - \Psi_2| \leq 0,01$.

$$|1,1 - 1,1| = 0 \leq 0,01 - \text{умова забезпечена.}$$

Визначаємо ширину робочого колеса по формулі:

$$b_2 = \frac{Q_{p.k.}}{\pi D_2 V_{2m} 3600} = \frac{212,8}{3,14 \cdot 0,265 \cdot 5,25 \cdot 3600} = 0,013 \text{ м.}$$

1.1.10 Проектування меридіанного перерізу робочого колеса

Робимо меридіанний переріз за допомогою метода послідовних наближень.

а) Спочатку «на око» намічаємо риси крайніх ліній струминок. При цьому покладаємося на існуючі робочі колеса подібних n_s .

б) Малюємо середню лінію каналу, яка уявляє собою геометричне місце центрів вписаних кіл, зазвичай від входу до виходу РК тонкими лініями вписується 8-10 кіл. У зоні повороту потоку кіл зазвичай роблять густіше. Центри вписаних кіл нумерують цифрами 1, 2, 3, ...

Форма меридіанного перерізу лопатевого колеса залежить від положення втулки колеса. У відцентрових насосах робочі колеса можуть мати заглиблену або висунуту втулку (рис. 3).

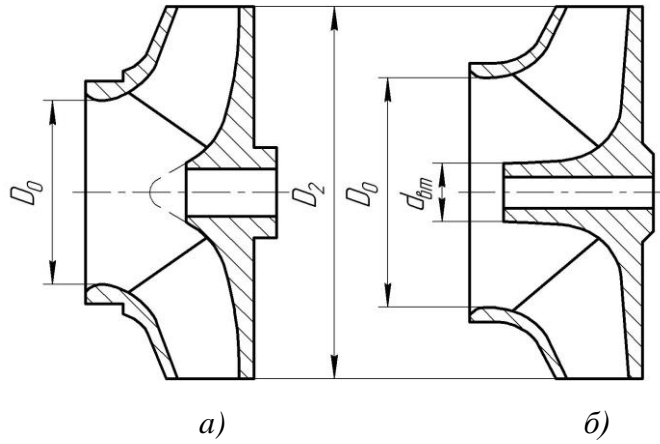


Рисунок 3 – Форма робочого колеса меридіального перерізу:
 а – робоче колесо консольного насоса;
 б – робоче колесо насоса із прохідним валом

В нашому випадку колесо з висунутою втулкою (рис. 3 б) застосовуються у одноступінчастих та багатоступінчастих насосах із прохідним валом та у шнеко-відцентрових насосах. Підставляючи вище знайдені значення та для даних колес діаметр вхідної горловини визначаємо за формулою:

$$D_0 = \sqrt{D_{\text{вп}}^2 + d_{\text{вм}}^2}.$$

$$D_0 = \sqrt{92,6^2 + 85^2} = 139 \text{ мм.}$$

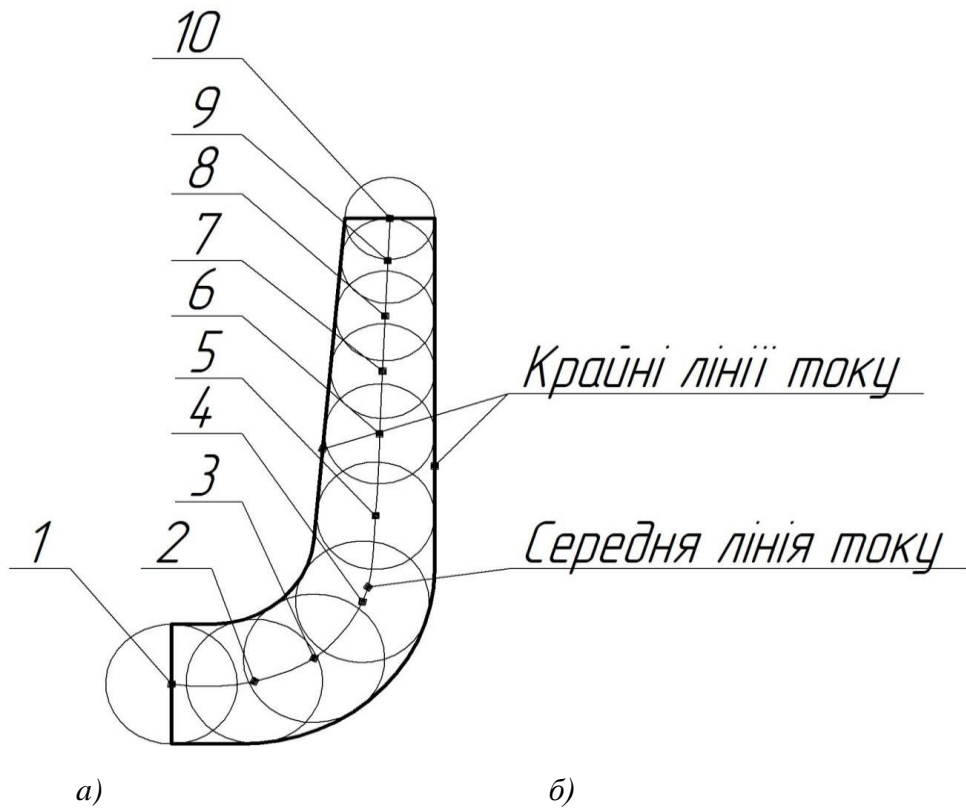


Рисунок 4 – Для проектування меридіанного перерізу

Після цього обчислюємо площі нормальних перерізів:

- знаходимо початкові (на вході у робоче колесо):

$$F_{\text{вх}} = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_{\text{вт}}^2),$$

$$F_{\text{вх}} = \frac{3,14}{4} \cdot (126^2 - 85^2) = 6795 \text{ мм}^2.$$

- знаходимо кінцеві (на виході з колеса):

$$F_{\text{вих}} = \pi D_2 b_2,$$

$$F_{\text{вих}} = 3,14 \cdot 265 \cdot 14 = 11655 \text{ мм}^2.$$

- та знаходимо проміжні:

$$F_i = 2\pi r_i b_i,$$

де r_i - відстань від осі колеса до центра вписаного кола;

b_i - діаметр вписаного кола.

Величини r_i та b_i визначаються з креслення.

Результати обчислень ми додаємо до таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати обчислень

№ точки	$F_i, \text{мм}^2$	$b_i, \text{мм}$	$r_i, \text{мм}$	$\Delta l_i, \text{мм}$
0	6791	20,5	52,75	0
1	7102	21,25	53,22	12,9
2	7914	22,04	57,18	35,5
3	8753	20,85	66,85	45,8
4	9428	18,4	81,59	55,8
5	10266	17,1	95,6	66,6
6	10819	16,2	106,34	75,8
7	11197	15,4	115,78	84,2
8	11483	14,6	125,24	92,9
9	11649	14	132,5	99,5

За даними які ми внесли до таблиці будуюємо приблизний графік $F = f(l)$.

Відстань Δl_i вздовж середньої лінії меридіанного перерізу від першої точки до кожної наступної (2, 3, ...) визначається з креслення.

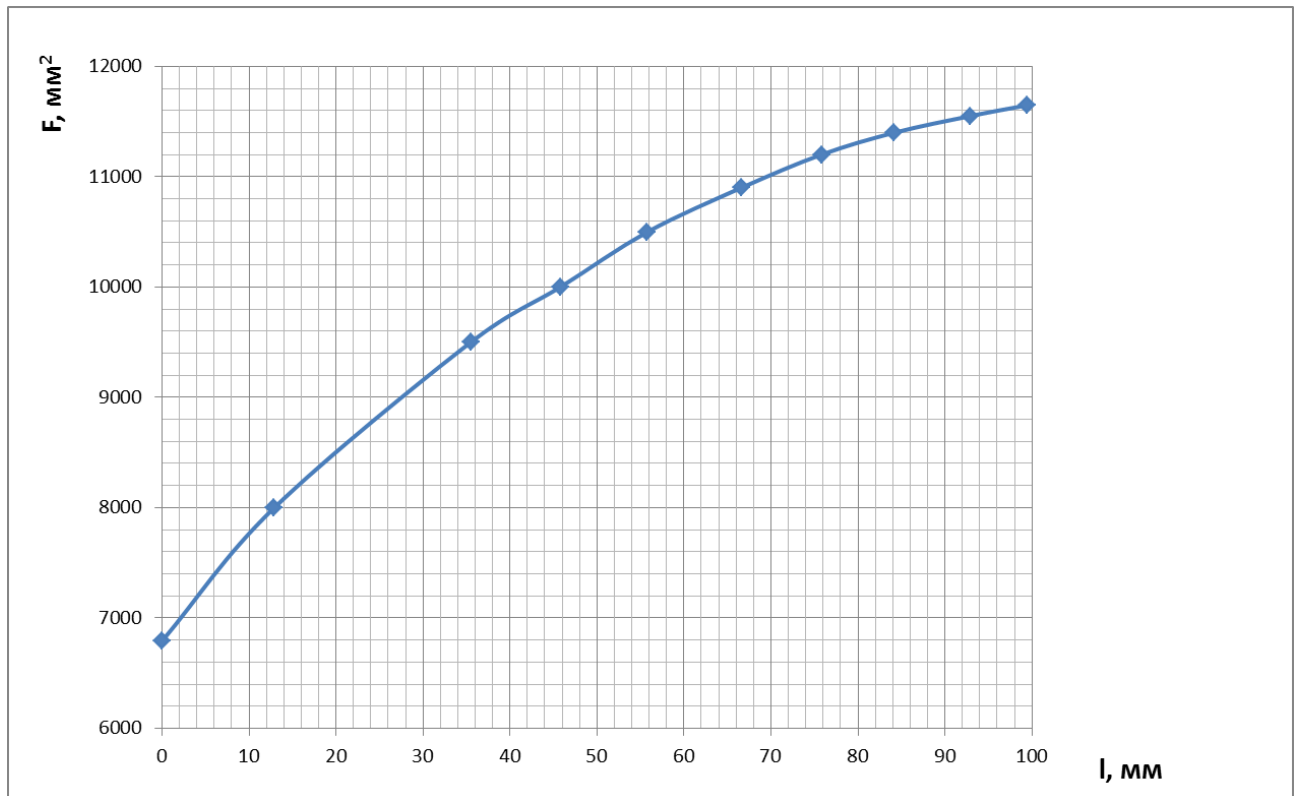


Рисунок 5– Графік зміни площі меридіанного перерізу робочого колеса

1.1.11 Підготовка меридіанного перерізу робочого колеса для профілювання лопати

Підготовка меридіанного перерізу колеса засновується на побудові розрахункових ліній течії. Щоб побудувати розрахункові ліній течії (струминок) ми повинні на меридіанному перерізі колеса спочатку зробити нормалі та прийняти розподіл меридіанної швидкості у перерізах колеса вздовж нормалей.

Нормалі називають лінії, перпендикулярні до ліній течії. Розглянемо наближений спосіб побудови нормалей на меридіанному перерізі колеса.

У даний меридіанний переріз вписуються тонкими лініями рівномірно від входу до виходу 8-10 кіл. Кола вписуються так само, як і коли ми будували графік $F = f(l)$ (див. рис. 4), тому можемо використовувати раніше вписані кола.

Відмічають точки A і C дотику вписаного кола з контуром меридіанного перерізу (рис. 6 а). Точкою O намічаємо центр вписаного кола. Проводимо відрізки AO , CO та AC . З точок A та C перпендикулярно до відрізків AO і CO проводять промені, що пересікаються у точці K , з якої радіусом $R=KA=KC$ проводиться дуга AC , що береться за нормаль.

Таким методом будуються й інші нормалі, які нумеруються від входу до виходу (рис. 6). Перша нормаль – пряма лінія, перпендикулярна до осі колеса, а остання збігається з лінією меридіанного перерізу, яка визначається діаметром D_2 .

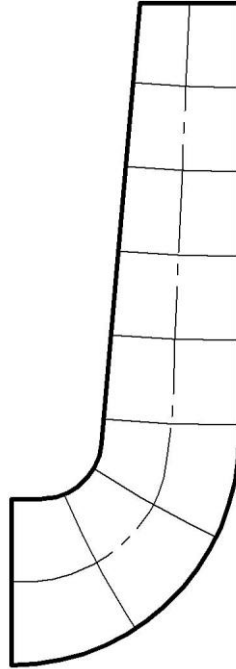


Рисунок 6 – Побудова нормалей

На рис. 7 показано як лінії течії утворюються перерізом поверхонь течії меридіанною площиною. По ширині меридіанного перерізу робочого колеса меридіанна швидкість рідини V_m розподіляється нерівномірно, причому нерівномірність тим більша, чим ширшим є канал та меншим радіус. Точний розподіл швидкості V_m вздовж нормалей невідомий. З урахуванням цих даних при створенні робочих коліис відцентрових насосів поширелася схема рівношвидкісного потоку, за якою меридіанна швидкість $V_m = \frac{Q_{p.к.}}{F}$ береться сталою вздовж нормалі. На практиці ми побачили, що розрахунок відцентрових насосів робочого колеса за

прийнятою спрощеною схемою ($V_m = const$) вздовж нормалі достатньо добре забезпечує задані параметри. Розрахункові лінії течії зручно креслити таким чином, щоб вони ділили меридіанний переріз робочого колеса на лінії, у яких протікала б однакова кількість рідини. За табл.3 орієнтовно визначаємо кількість таких ділянок залежить від n_s .

Таблиця 3

n_s	<100	100-150	150-300	300-450
Кількість потоків k	2	3	4-5	6-7
Кількість розрахункових перерізів (ліній течії) n	3	4	5-6	7-8

Приймаємо кількість потоків – 2.

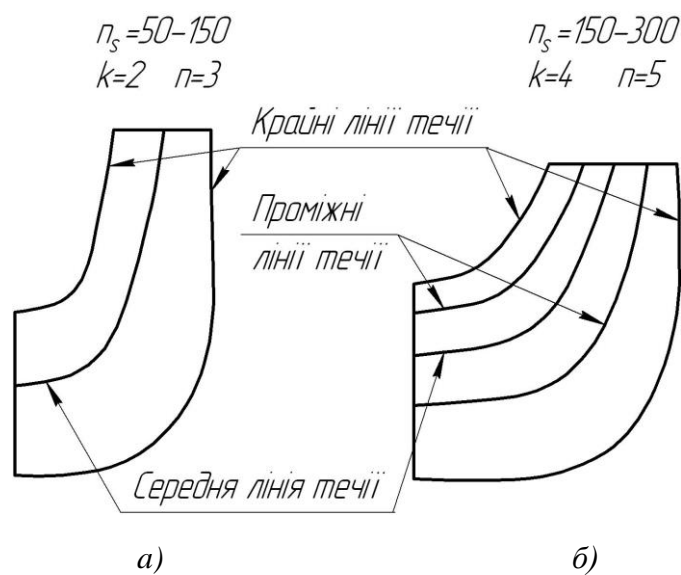


Рисунок 7 – Меридіанний переріз із проміжними лініями течії

Згідно з умови рівношвидкісного потоку, яка відповідає постійності меридіанної швидкості V_m вздовж даної нормалі, через кожен струминку, окреслену лініями течії, протікають рівні кількості рідини:

$$q = \frac{Q_{p.k.}}{3600k} = 2\pi V_m (r_{y.m.} l)_1 = 2\pi V_m (r_{y.m.} l)_2 = 2\pi V_m (r_{y.m.} l)_k$$

де $Q_{p.k.}$ - постійна витрата через робоче колесо;

l - довжина відрізка нормалі між сусідніми відрізками течії;

$r_{y.m.}$ - відстань від центра тяжіння відрізка l до осі колеса.

Оскільки швидкість V_m вздовж нормалі стала, то наведена вище умова матиме вигляд

$$r_{y.m.} l = const .$$

Для того щоб побудувати лінію течії ми починаємо з розмітки точок на вихідній кромці п-п (рис.8), на якій відкладають рівні відрізки $\frac{b_2}{k}$. Положення ліній течії на вході у робоче колесо (переріз $I-I$) визначають з рівняння:

$$D_0^2 - d_k^2 = d_k^2 - d_{k-1}^2 = \dots = \frac{D_0^2 - d_{см}^2}{k} .$$

Між входом та виходом знаходять контури ліній течії методом послідовних наближень. Потрібно провести ці відрізки так, щоб проточна частина колеса була розділена на частини, у яких протікали б однакові кількості рідини q . Для цього ми розбиваємо нормаль на участки l' , l'' та l''' (рис. 8). Після накреслення ділянок для кожної обчислюємо добуток $r_{y.m.} l$. Величини $r_{y.m.}$ та l визначаються з креслення. При цьому повинна виконуватися умова $r'_{y.m.} l' = r''_{y.m.} l'' = r'''_{y.m.} l'''$. Якщо цього не досягнуто, виконуємо коригування ліній течії.

Закінчуємо корегування, якщо відхилення між добутками на одній нормалі не перевищує 5%.

Ділянки нормалі у багатьох випадках із-за їх малої кривизни потрібно замінити на відрізки прямих.

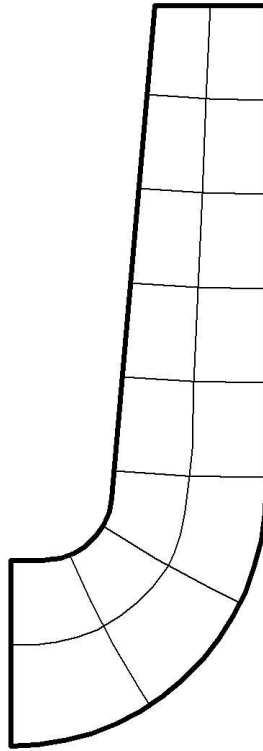


Рисунок 8 – Побудова ліній течії

1.1.12 Профілювання лопаті

Самий поширений метод у насособудуванні є способом профілювання лопатей є метод конформного відображення поверхні течії на поверхню обертання, що розгортається (конус або циліндр). При цьому відображенні кути лопатей малюються без спотворення, а подібні лінійні розміри – пропорційні. Профілювання лопаті робиться у наступній послідовності: креслять координатну сітку на поверхні току; профілюють поверхні лопаті на розгортці циліндру; малюють меридіанні перерізи поверхні лопаті на меридіанній проекції робочого колеса та лопаті у плані.

Координатна сітка потрібна для того, щоб владнати взаємозв'язок між відповідними точками поверхні течії та конформної діаграми. На рис.9 ми бачимо як сітка на розгортці відображувального циліндра утворюється системою вертикальних та горизонтальних ліній (меридіанів та паралелей), накреслених із відстанями між ними відповідно ΔS та ΔL . Меридіани відповідають перерізам поверхні течії рядом меридіанних площин. Паралелі відповідають ряду концентричних кіл на поверхні течії, співвісних робочому колесу. Для того, щоб ми могли побудувати координатну сітку потрібно задаються кутом $\Delta\phi$ між меридіанними перерізами відображувального циліндра (рис. 9), який беруть таким, що дорівнює $5-10^\circ$, та радіусом конформного циліндра $R_{к.ц.} = 150 - 200$ мм (іноді припускають, що $R_{к.ц.} = R_2$), після чого визначають розміри ΔS та ΔL за формулами

$$\Delta L = \frac{R_{к.ц.}}{C},$$

де C - стала, що, як правило, береться такою, що дорівнює 10 (для спрощення розрахунків);

$$\Delta S = \frac{\pi R_{к.ц.} \Delta\phi^\circ}{180^\circ}.$$

В нашому випадку приймаємо $R_{к.ц.} = 150$ мм, $C = 10$, $\Delta\phi = 10^\circ$. Тоді підставляємо та розраховуємо:

$$\Delta L = \frac{150}{10} = 15 \text{ мм},$$

$$\Delta S = \frac{\pi R_{к.ц.} \Delta\phi^\circ}{180^\circ} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 10}{180} = 26,18 \text{ мм}.$$

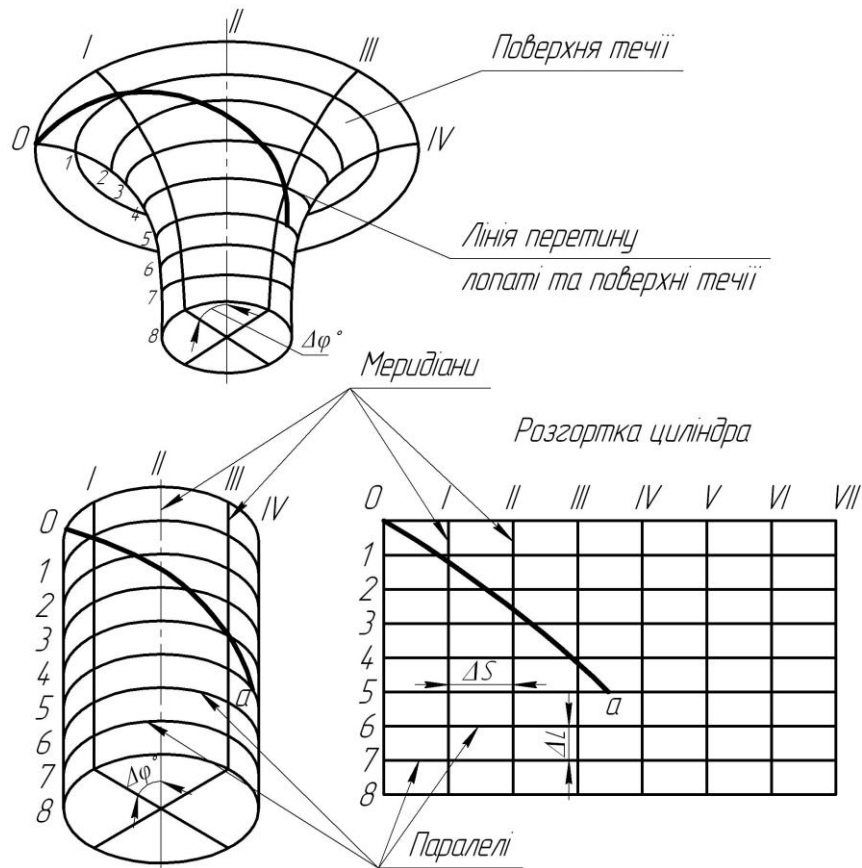


Рисунок 9 – Циліндр з відображувальною сіткою на розгортці.

Для побудови конформного відображення координатної сітки на поверхні течії нам потрібно розбити усі розрахункові ліній течії a , b , c (рис. 10) на відрізки Δl за умовами конформності

$$\frac{r_{icp}}{\Delta l_i} = \frac{R_{к.ц.}}{\Delta L} = const ,$$

де r_{icp} - відстань від осі робочого колеса до середини відрізка Δl .

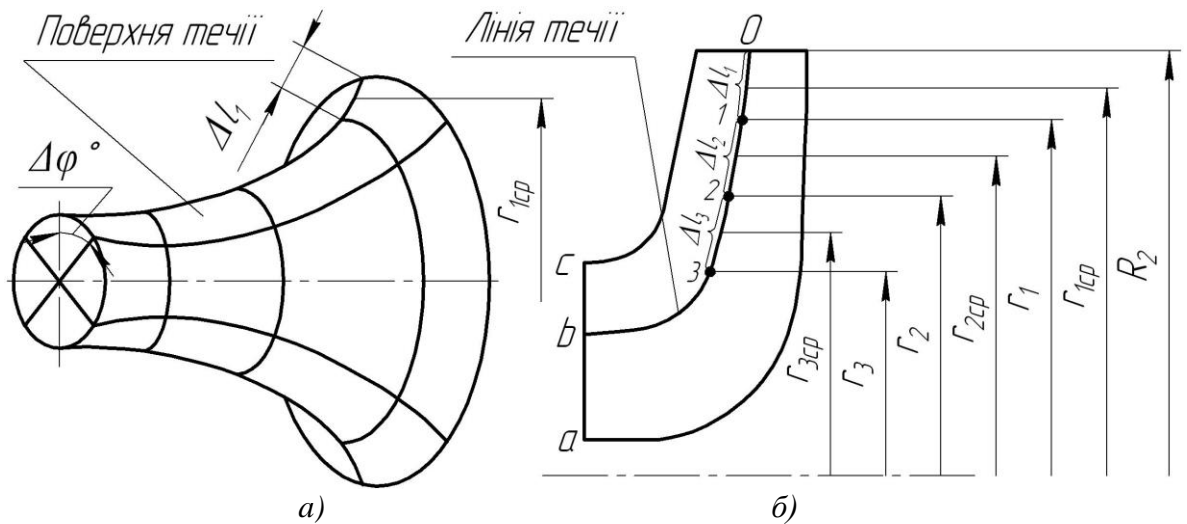


Рисунок 10 – Розбивка ліній течії

Для циліндричної поверхні $R_{к.ц.} = const$, $\Delta l = const$. Для поверхні течії (рис. 10 а) $r \neq const$, тоді й $\Delta l \neq const$. Величини відрізків на лініях течії будуть зменшуватися від виходу до входу відповідно зі зменшенням відстані r . Коли буде проводитись розрахунок відрізків Δl можна застосувати метод послідовного наближення. У першому наближенні довжину відрізка можна визначити з рівняння:

$$\Delta l'_1 = r'_{1cp} \frac{\Delta L}{R_{к.ц.}},$$

де $r'_{1cp} = R_2$.

Потрібно відкласти відрізок $\Delta l'_1$ від вихідної точки O вздовж лінії течії у бік входу, далі знайти середину відрізка $\Delta l'_1$ та з креслення визначають уточнену відстань r''_{1cp} від осі робочого колеса до середини відрізка $\Delta l'_1$. Потім розраховуємо уточнене значення довжини відрізка (друге наближення)

$$\Delta l''_1 = r''_{1cp} \frac{\Delta L}{R_{к.ц.}}.$$

Якщо ця величина $\Delta l''$ відрізняється від $\Delta l'$ більш ніж на 5%, то аналогічно виконується наступне наближення. Зазвичай, хватає двох-трьох наближень. Уточнену величину Δl_1 відкладають від вихідної точки 0 вздовж відповідної лінії течії у бік входу. Отримують точку 1, яка являється перетином кола паралелі з лінією течії. Так само визначаємо наступний відрізок Δl_2 , але за вихідну точку береться отримана точка 1. Також у першому наближенні беремо $r'_{2cp} = r_1$. Таким способом робимо розбивання на відрізки Δl кожна лінія течії. Кількість розміщених відрізків повинна бути такою, щоб захоплювалась область, у якій передбачається розміщення вхідної кромки лопаті. Після розбивки кожної лінії течії на відрізки Δl необхідно виконати контроль за даним рівнянням:

$$\sum \Delta l = l_{0-i},$$

де $\sum \Delta l$ - сумарна довжина відрізків Δl ;

l_{0-i} - загальна довжина даної лінії течії від початкової точки 0 до останньої точки розмітки i .

Довжина координатної сітки у горизонтальному напрямку визначається кутом охопту Θ лопаті, який в основному залежить від n_s (табл. 4).

Таблиця 4

n_s	50- 70	70- 100	100 -300	300 -400
Θ , град	140 -120	120 -110	110 -80	80- 60

Приймаємо кут охопту 120° .

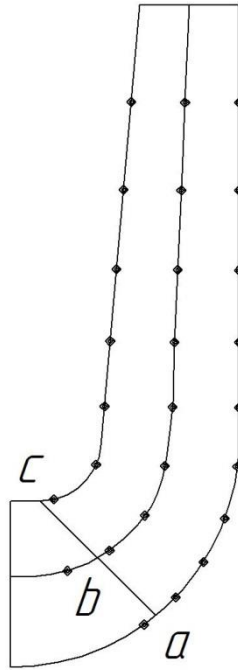


Рис.10 - Проектування координатної сітки

Поверхня лопаті робочого колеса на розгортці циліндра профілюється з урахуванням таких рекомендацій:

1. Треба щоб кут нахилу лопаті β на кожній розрахунковій лінії течії плавно збільшувався або зменшувався від кута β_1 до кута β_2 .

2. Вхідну кромку лопаті робочого колеса бажано розмістити у одній меридіанній площині (на розгортці циліндра – вертикально). При такому підході спрощується технологія виготовлення та контролю виконання вхідних кромek лопатей колеса.

Якщо від відцентрового насоса вимагаються підвищені кавітаційні властивості, то його лопаті необхідно продовжити у напрямку входу і у цьому

випадку вхідну кромку потрібно розмістити нахилено, тобто не в одній меридіанній площині (на рис. 11 – пунктирна лінія).

3. Треба щоб ділянка поверхні лопаті поблизу виходу з робочого колеса мала постійний кут нахилу β на кожній розрахунковій лінії течії на довжині, що визначається на розгортці циліндра величиною $\delta = \frac{t}{2}$, де t - лінійний крок лопатей на розгортці циліндра (рис. 11).

4.

$$t = \frac{2\pi R_{\text{к.ц.}}}{z}.$$

Постійний кут нахилу лопатей на виході робочого колеса на зазначеній ділянці полегшує розрахунок теоретичного напору та контроль величини кута β_2 .

5. Кут охоплення лопаті у плані (кут між меридіанними перерізами, що проходять через вхідну та вихідну кромки лопаті на розглядуваній лінії течії) повинен відповідати даній умові

6.

$$\Theta \geq 1,5t^0,$$

де $t^0 = \frac{360^\circ}{z}$ - кутовий крок лопатей.

На рис.11 можемо побачити порядок профілювання поверхні лопаті на розгортці циліндра такий:

- Проводимо через точку I координатної схеми промінь під кутом β_2 ;
- Далі проводимо на відстані $\delta \geq \frac{1}{2}t$ від точки I меридіан (пунктирна лінія),

яка пересікає промінь у точці n_L ;

- Далі намічаємо меридіан $i-i$ з урахуванням вибору кута охоплення лопаті та положення вхідної кромки;

- Визначаємо паралелі точок a, b, c для кожної лінії течії у відповідності до розміщення вхідної кромки у меридіанному перерізі. Перенесення точок вхідної

кромки (a, b, c) на конформну діаграму робиться за допомогою перехідного графіка або властивостей конформного відображення, які ви можете побачити на рис. 19 за даним рівнянням

$$\frac{x_i}{\Delta L} = \frac{y_i}{\Delta l_i},$$

де x_i - відстань від поточної паралелі до шуканої точки вхідної кромки конформної діаграми;

y_i - відповідна відстань на лінії течії.

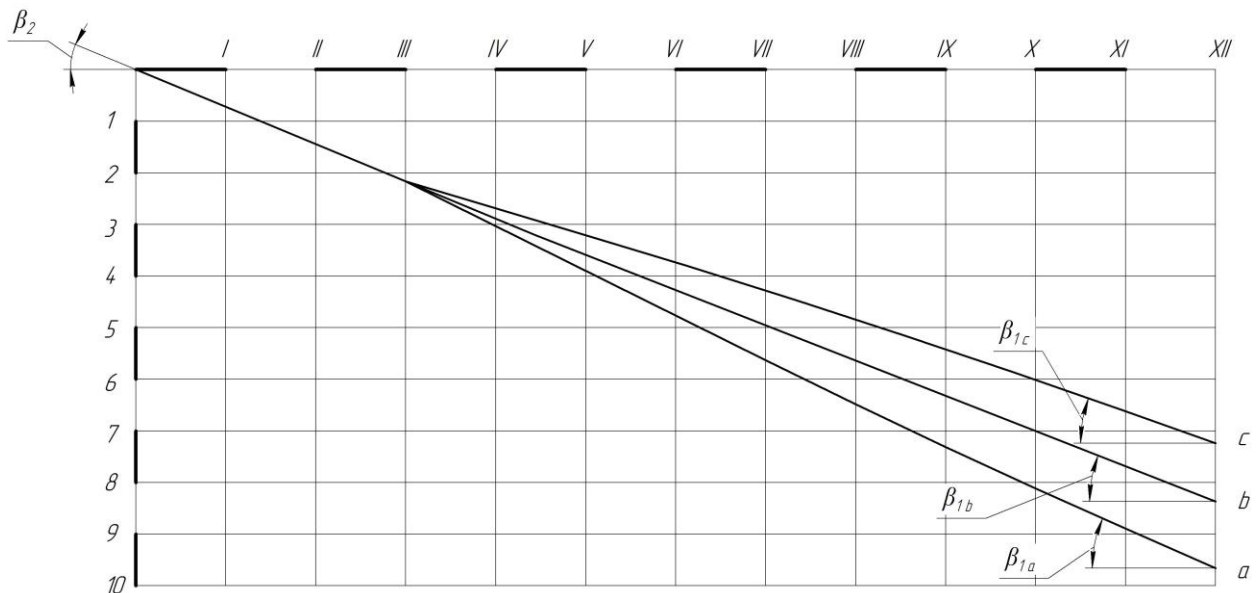


Рисунок 11 – Конформна діаграма яка профілює поверхню лопаті на розгортці циліндра

Через точки a, b, c проводимо промені під кутами $\beta_{1a}, \beta_{1b}, \beta_{1c}$ до перетину променя, проведеного під кутом β_2 у точках, що лежать нижче від точки n_L .

Визначаємо данні для точки a :

$$U_{1a} = \frac{\pi D_{1a} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,1087 \cdot 3000}{60} = 17,07$$

$$\beta_{1Pa} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1} = \arctg \frac{6,46}{17,07} = 20,73^\circ$$

$$\beta_{1a} = 23,73 + 3 = 23,73^\circ$$

Визначаємо данні для точки *b*:

$$U_{1b} = \frac{\pi D_{1b} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,12392 \cdot 3000}{60} = 19,47$$

$$\beta_{11b} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1} = \arctg \frac{6,46}{19,47} = 18,36^\circ$$

$$\beta_{1b} = 18,36 + 3 = 21,36^\circ$$

Визначаємо данні для точки *c*:

$$U_{1c} = \frac{\pi D_{1c} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,139 \cdot 3000}{60} = 21,83$$

$$\beta_{11c} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1} = \arctg \frac{6,46}{21,83} = 16,48^\circ$$

$$\beta_{1c} = 16,48 + 3 = 19,48^\circ$$

Меридіанні перерізи - це лінії перерізу поверхні лопаті з площинами, які проходять через вісь робочого колеса. Меридіанні перерізи роблять для того щоб була можливість контролю плавності профільованої поверхні лопаті та подальшого проектування робочого колеса.

На основі конформної діаграми будуємо меридіанні перерізи поверхні лопаті на меридіанній проекції.

На рис.12 можна побачити як лінії течії меридіанного перерізу переносяться відповідні точки з конформної діаграми для кожної лінії течії окремо за допомогою данного рівняння:

$$\frac{x_i}{\Delta L} = \frac{y_i}{\Delta l_i},$$

де x_i - відстань від шуканої точки до паралелі на координатній сітці;

y_i - відповідні відстань на лінії течії меридіанного перерізу.

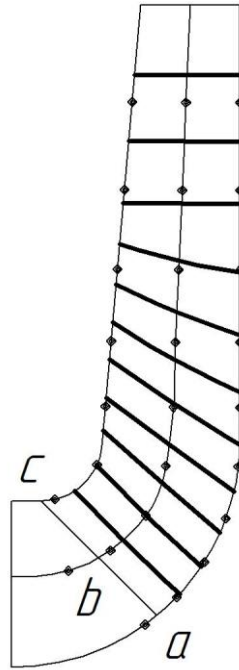


Рисунок 12 – Розробка меридіанних перерізів робочої поверхні лопаті

Для більш точної розробки рекомендується будувати перехідні графіки $l = f(\Delta L)$ для розрахункових ліній течії.

План лопаті (див. рис. 13) - це проекція лопаті на площину, перпендикулярну до осі обертання робочого колеса.

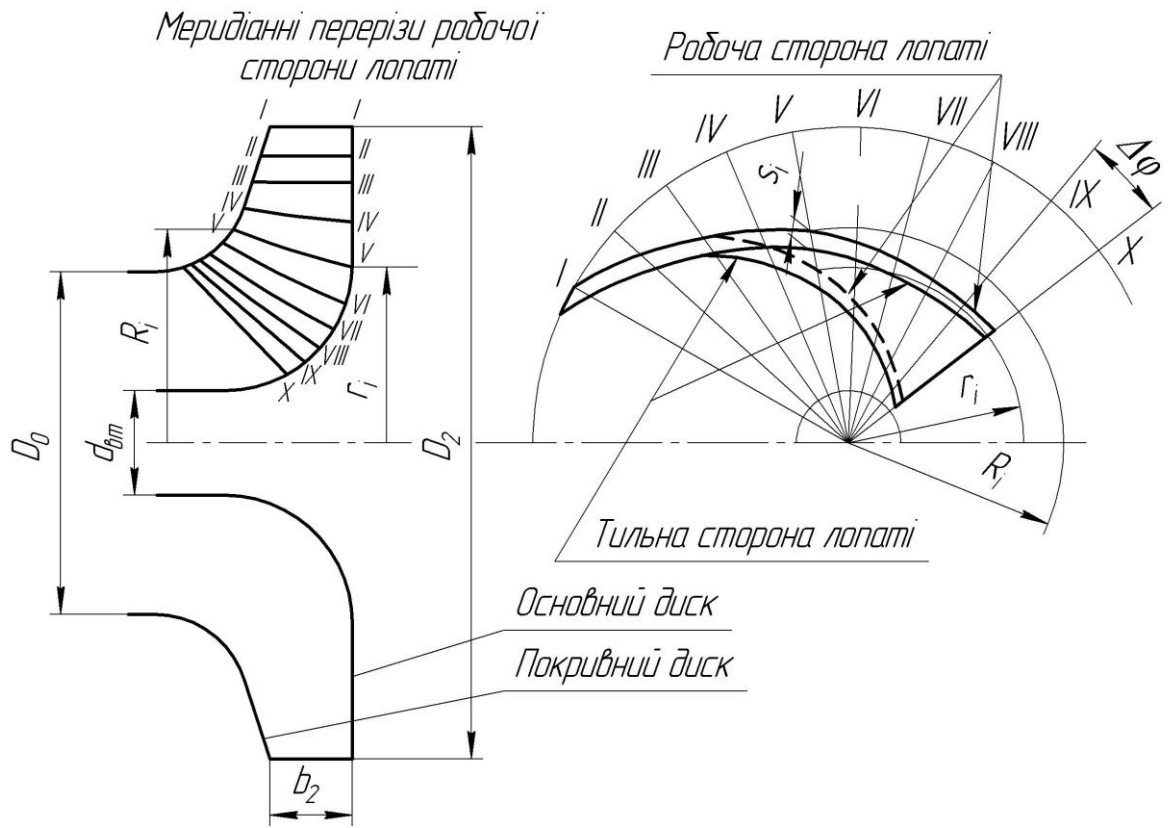


Рисунок 13 – Розробка лопаті у плані

Щоб побудувати лопать у плані креслять два кола діаметрами D_2 та d_{0m} , далі проводять у вигляді радіальних променів меридіани $I, II, III...$ тощо з кутовим кроком $\Delta\phi$. Нумерація меридіанів повинна зростати у напрямку обертання колеса.

На меридіанній проекції роблять заміри відстані R_i та r_i від осі робочого колеса до точок перетину меридіанних перерізів з лініями течії на основному та покривному дисках і потім переносять ці данні на план. Данні точки з'єднують плавними кривими, при цьому отримуючи робочі сторони лопаті по основному та покривному дисках. Далі відкладаємо нормальні товщини лопаті s_i та будують тильну сторону лопаті. Вхідна кромка утворюється радіальною прямою.

1.1.13 Виконання робочого креслення робочого колеса

Кінцевий результат профілювання лопатей – це робоче креслення, по якому в будуть створені профільовані лопаті. Робоче креслення розробляється на основі отриманих креслень меридіанної проекції та плану робочого колеса.

Меридіанний переріз робочого колеса, креслять на окремому аркуші при цьому записуючи розміри. На нього записують отримані до цього меридіанні перерізи робочої поверхні лопаті. Позначаються координати цих перерізів (координати кожного окремого перерізу проставляють або записуються до таблиці). Якщо меридіанний переріз лопаті прямолінійний, буде достатньо вказати його координати на крайніх лініях течії (дисках робочого колеса).

Для криволінійного перерізу вводиться додатковий розмір – радіус кривизни.

Для кожного меридіанного перерізу робочої сторони лопаті зазначають відповідну товщину лопаті.

Поряд з меридіанними перерізами проектують план робочого колеса, на якому проводять меридіани *I, II, III* тощо з кутовим кроком $\Delta\varphi$. На план переносять раніше побудовану проекцію лопаті, що відповідає виду на колесо з боку входу.

1.2 Проектування направляючого апарату

За данною формулою ми знаходимо діаметр початкової окружності D_3 :

$$D_3 = (1,03 \div 1,1) \cdot D_2$$

$$D_3 = (1,03 \div 1,1) \cdot 0,261 = 0,268 \div 0,287 \text{ м.}$$

Після розрахунку, приймаємо $D_3 = 280$ мм.

Далі знаходим ширину направляючого апарату в меридіанному перерізі за формулою:

$$b_3 = b_2 + 0,05 \cdot D_2$$

$$b_3 = 0,014 + 0,05 \cdot 0,261 = 0,027 \text{ м}$$

В залежності від числа лопатей робочого колеса ми вибираємо число лопаток:

$$z_{p.k} = 7;$$

$$z_{н.а} = 6.$$

В першому приближенні задаємо товщину лопатки н.а на вході $\delta = 3$ мм і кут $\alpha_{зл} = 5^\circ$. З трикутника швидкостей знаходимо кут потоку на вході в н.а без урахування стиснення за формулою:

$$\alpha_{зл} = \operatorname{arctg} \frac{V_{m3}}{V_{u3}};$$

Тоді треба знайти:

$$V_{u3} = V_{u2} \frac{D_2}{D_3};$$

$$V_{u3} = 28,7 \cdot \frac{0,261}{0,28} = 26,8 \text{ м/с};$$

$$\text{Де } V_{u2} = \frac{gH_{T\infty}}{U_2} = \frac{9,81 \cdot 119,8}{41} = 28,7 \text{ м/с};$$

Також знаходимо:

$$V_{m3} = \frac{Q}{\pi \cdot D_3 \cdot b_3};$$

$$V_{m3} = \frac{200/3600}{3,14 \cdot 0,28 \cdot 0,0027} = 23,4 \text{ м/с};$$

Вище пороховані данні підставляємо до формули та отримаємо:

$$\alpha_{зл} = \operatorname{arctg} \frac{23,4}{26,8} = 41,1^\circ.$$

Далі нам потрібно спроектувати спіральну частину за формулою:

$$R'_3 = R_3 \cdot e^{\frac{2\pi}{z_{H.A}} \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha_{3n}};$$

$$R'_3 = 0,14 \cdot e^{\frac{2\pi}{6} \cdot 0,8 \cdot \operatorname{tg} 41,1^\circ} = 0,29 \text{ м};$$

$$a_3 = (R'_3 - R_3) \cos \alpha_{3n} - \mu$$

$$a_3 = (0,29 - 0,14) \cos 41,1^\circ - 0,004 = 10,9 \text{ мм}$$

Знаходимо розміри дифузорового каналу:

$$l_{\text{диф}} = 4,9 \cdot a_3$$

$$l_{\text{диф}} = 4,22 \cdot 10,9 = 46 \text{ мм}$$

$$F_4 = 2,8 \cdot F_3$$

$$F_4 = 2,8 \cdot 9,6 = 0,0268 \text{ м}^2$$

$$\varphi_{\text{экв}} = 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\frac{F_4}{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{F_3}{\pi}}}{l_{\text{диф}}};$$

$$\varphi_{\text{экв}} = 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\frac{0,0268}{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{0,0110}{\pi}}}{0,46} = 9^\circ.$$

Та обираємо число лопаток зворотнього каналу:

$$z_{o.k} = z_{н.а} = 6.$$

2 Розрахунок насоса на кавітацію

Δh – кавітаційний запас, м.

Визначаємо кавітаційний запас можна по данній формулі:

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

де W_1 - відносна швидкість на вході в робоче колесо, м/с;

λ_1, λ_2 - середні значення коефіцієнтів при безударному вході. Обираємо такми, щоб дорівнюювали $\lambda_1 = 1,2$ та $\lambda_2 = 0,3$.

На рис.14 можна побачити швидкість W_1 визначену з трикутника швидкостей по данній формулі:

$$W_1 = \frac{V_{1m}}{\sin \beta_1},$$

де $\beta_1 = 30^\circ$ - кут установлення лопаті на вході в робоче колесо;

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

Кут β_1 ми можемо визначити з теоретичного креслення робочого колеса.

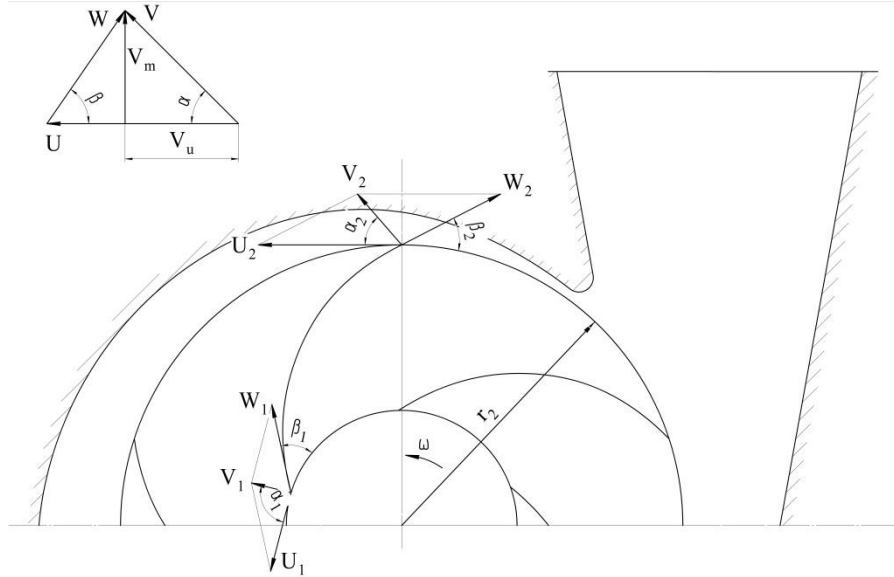


Рисунок 14 – У робочому колесі показано трикутники швидкостей

Знаходимо меридіанну складову з данного рівняння нерозривності:

$$V_{1m} = \frac{Q_{PK}}{\pi D_1 b_1},$$

де $D_1 = 0,124$ м - діаметр вхідної воронки робочого колеса, м;

$b_1 = 0,021$ м - ширина робочого колеса на вході, м.

$Q_{PK} = 212,8$ м³/Г.

Підставляючи ці данні отримаємо:

$$V_{1m} = \frac{\frac{212,8}{3600}}{3,14 \cdot 0,101 \cdot 0,019} = 9,8 \text{ м/с}$$

Опираючись на попередні розрахунки знаходимо швидкість W_1 :

$$W_1 = \frac{9,8}{\sin 30^\circ} = 19,6 \text{ м/с}$$

Далі виходячи із попередніх розрахунків рахуємо кавітаційний запас:

$$\Delta h = 1,2 \cdot \frac{8,7^2}{2 \cdot 9,81} + 0,3 \cdot \frac{19,6^2}{2 \cdot 9,81} = 10,5 \text{ м}$$

Визначаємо кавітаційний коефіцієнт швидкохідності за допомогою розрахунка насоса на кавітацію:

$$c = \frac{5,62 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\Delta h^{\frac{3}{4}}}$$

$$c = \frac{5,62 \cdot 3000 \cdot \sqrt{\frac{200}{3600}}}{10,5^{0,75}} = 681,3$$

Установлено, що насоси мають добрі антикавітаційні показники при $c = 700 - 900$.

3 Вибір електродвигуна

Знаходимо потужність насоса при роботі на номінальному режимі по данній формулі:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta}, \text{ Вт.}$$

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{200}{3600} \cdot 650}{0,74} = 478716 \text{ Вт}$$

Електродвигун за даним параметром обирають як привід насоса:

$$N_{\text{дв}} = k \cdot N,$$

$$N_{\text{дв}} = 1,2 \cdot 478716 = 574459 \text{ Вт}$$

де $k = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт запасу.

З довідкової літератури обираємо тип та марка двигуна, за відомою частототи обертання та розрахованою потужністю: АОДА5-630-6-2

4 Охорона праці

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати на підприємстві з підготовки нафти.

Небезпечним називають виробничий фактор, який впливає на організм працівника у відповідних умовах праці, що може призвести до травм або іншого раптового, різкого погіршення стану здоров'я.

Шкідливим називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого може призводити в певних умовах до захворювання або зниження рівня працездатності.

З державним стандартом шкідливі і небезпечні фактори поділяють по природі їх впливу на: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Одна з основних цілей охорони праці на підприємстві це оцінка розтановки та характеристик трудового процесу в частині його впливу на здоров'я і життя працівника.

Державою встановлено критерії оцінки, які можуть визначити ступінь небезпечності умов праці на підприємствах, що застосовують роботу найманих працівників.

Коли робітники працюють на них можуть впливати різні шкідливі фактори виробничого середовища які ми перераховували вище.

Фізичні фактори це параметри повітря в приміщенні (температура, вологість, швидкість руху повітря), вібрація, шум, нетоксичний пил, пара, різні види випромінювань, освітленість тощо.

Хімічних фактори це токсичний пил, пари і газ. Біологічних факторів це мікроорганізми та бактерії рослин і тварин що впливають на стан здоров'я робітників(під час переробки натуральних волокон, шкіри, хутра).

Психофізіологічні фактор це фізичні та нервово-психічні перевантаження, які пов'язані з важкою, монотонною роботою.

Кожен з цих факторів впливає на організм людини, викликає у ньому функціональні зміни, професійні захворювання або отруєння. До організаційних заходів належать:

- 1) дотримання вимог охорони праці жінок та осіб віком до 18 років;
- 2) проведення медичних оглядів осіб, які роблять у шкідливих умовах;
- 3) забезпечення працюючих у шкідливих умовах лікувально-профілактичним обслуговуванням тощо.

Технічні заходи передбачають: постійне підтримання чистоти в приміщеннях і на робочих місцях; розробку та конструювання обладнання, що виключає виділення пилу, газів та пари, шкідливих речовин у виробничих приміщеннях; забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до повітря виробничого середовища; улаштування систем вентиляції та кондиціонування робочих місць із шкідливими умовами праці; забезпечення захисту працюючих від шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації, різних видів випромінювання. Здійснюємо запобігання професійних захворювань і отруєнь через виконання комплексу організаційних і технічних заходів, які направлені на оздоровлення повітряного середовища, виконання вимог гігієни та особистої безпеки працюючих. Вплив шуму, вібрації, промислових випромінювань на людину

Шум — це сукупність хаотичні за силою і частотою звуків, що не дають сприяти корисним сигналам на організм людини. Шум погано впливає на людину і може зробити захворювання, у тому числі глухуватість і глухоту. Під впливом шуму у працівників починає прискорюватися пульс і дихання. Довгий шум впливає на центральну нервову та серцевосудинну систему: можуть з'явитися симптоми сильної втоми, послаблюється увага, підвищується нервова збудливість, зменшується працездатність, порушується робота шлунковокишкового тракту. За частотою звукові коливання поділяються на три діапазони:

- 1) Інфразвукові з частотою менше 20 Гц,
- 2) Звукові від 20 до 20000 Гц та ультразвукові - більше 20 000 Гц.

3) Органи слуху людини сприймають звукові коливання в інтервалі частоти від 20 до 20 000 Гц та відчують зміни гучності в 1 дБ.

Вухо людини сприймає шум до 130 дБ. При 150 дБ шум для людини нестерпний. При 180 дБ настає втома металу, внаслідок чого із конструкції можуть вискочити заклепки. Нормою виробничого шуму є рівень звуку до 85 дБ. Якщо рівень перешкод становить 20 дБ, то такий шум не заважає розбірливості мови. Коли підвищується рівня перешкод до 70 дБ та вище мова стає незрозумілою. Шум створюють машини, механізми, інструменти незадовільної конструкції, зі спрацьованими деталями. Краще всього у боротьби з шумом допомагає — зниження його в джерелі створення: зміна і заміна шумних технологічних процесів або обладнання малошумними: звуковбирання та звукоізоляція; екранування, використання глушителів шуму; індивідуальні засоби захисту від шуму.

Вібрація — це механічні коливання твердих тіл. З фізичної точки зору між шумом і вібрацією відмінності немає, але сприймання їх людиною відрізняється: вібрація сприймається вестибулярним апаратом та дотиком, а шум — органом слуху. Джерелом вібрації є механічні, пневматичні та електричні інструменти ударної або обертальної дії, обладнання, яке встановлено без достатньої амортизації та віброізоляції, а також транспортні та сільськогосподарські машини. За характером впливу на організм вібрація передається на все тіло людини, а місцева на руки працюючого. Місцева вібрація може викликати погіршення кровопостачання окремих органів, при загальній вібрації порушується діяльність серця та центральної нервової системи. Під час довготривалої та інтенсивної дії вібрації може виникнути тяжке захворювання — вібраційна хвороба. Дія вібрації залежить від її частоти. Вібрації з частотою 6 Гц є резонансними для всього організму. Людина при цьому відчуває качку, що діє на вестибулярний апарат і центральну нервову систему. Коли діє така частота вібрації, то може виникнути захворювання під назвою "морська хвороба". Резонансна частота для органів черевної порожнини (шлунок, печінка та ін.) дорівнює 7 Гц, для голови — 17 - 27 Гц. У зв'язку з цим коливання з частотою 5 - 8 Гц викликає почуття вібрації

нутрошів; 17 - 25 Гц — відчуття вібрації в зубах; 40 Гц — відчуття вібрації в стопах.

Боротися з вібрацією можна колективно та індивідуально

. Колективні методи — це методи зниження вібрації через вплив на джерело збудження і методи зниження вібрації на шляху її розповсюдження. Засоби, які використовуються під час реалізації вищезгаданих методів віброзахисту поділяються на: огорожувальні (захисні); віброізоляційні; віброгасильні і вібропоглинаючі; засоби автоматичного контролю, сигналізації та дистанційного керування; позначення віброуючих поверхонь знаком або фарбою. Захисні засоби запобігають доступу людини до зони, де діє вібрація. Конструктивно вони можуть бути зроблені у вигляді ґратчатих, сітчастих та непрозорих перешкод із металу, деревини тощо. Віброізоляція зменшує рівні вібрації, що передаються від джерела на тіло працюючого. Вона здійснюється введенням між джерелом вібрації та працюючим проміжного пружного зв'язку, наприклад, фундамент машин, збудований на пружних прокладках.

Вібропоглинання — це перетворення енергії механічних коливань (вібрації) в інші види енергії (теплову). Вібропоглинання може бути здійснене: використанням конструктивних матеріалів з великим внутрішнім тертям; нанесенням на поверхню виробу шару пружньо-в'язких матеріалів, що мають велике внутрішнє тертя. Вібропоглинання здійснюється покриттям машин в'язкими матеріалами (мастикат), використанням масляних ванн для зубчастих зчеплень. Якщо керування буде дистанційним це дозволить виключити постійне знаходження робітника в зоні шкідливих вібрацій. Для того, щоб захиститися індивідуально від вібрації потрібно: спеціальне віброзахисне взуття; рукавиці з м'якими надолонниками; пружно-демпфіруючі прокладки та пластини для обхвату віброуючих рукояток та деталей. Іонізуюче випромінювання.

Іонізуючим є будь-який вид випромінювання, взаємодія якого з середовищем призводить до виникнення електричних зарядів різних знаків. До іонізуючих випромінювань належать α - , β - γ - випромінювання, потоки нейтронів та інших ядерних часток. Іонізуючі випромінювання, проникаючи до організму людини та проходячи через біологічну тканину, викликають в ній появу заряджених часток

вільних електронів. Вільні електрони, які діють із сусідніми атомами, іонізують їх, що супроводжується змінами структури молекул: порушеннями міжмолекулярних зв'язків і веде до загибелі клітин. Зміни у біохімічному складі клітини та обміні речовин порушують функції центральної нервової системи, що, в свою чергу, викликає порушення функції залоз внутрішньої секреції, зміни судинної проникності. Якщо присутнє періодичне попадання радіоактивних речовин до організму це призводить до їх накопичення та до збільшення іонізації атомів та молекул живої тканини. Із-за цих змін, що сталися, порушується нормальна течія біохімічних процесів та обмін речовин, що призводить до променевої хвороби. Діючи на шкіру, іонізуюче випромінювання викликає опіки або сухість, випадіння волосся, під час дії на очі — катаракту. Також можуть виникати генетичні наслідки, які ведуть до спадкових захворювань. Нормування радіоактивних випромінювань. У відповідності до норм радіаційної безпеки (НРБ) встановлено такі категорії осіб, що опромінюються:

- 1) категорія А — персонал;
- 2) категорія Б — обмежена частина населення;
- 3) категорія В — населення області, держави.

Персонал — особи, які постійно або тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань. У виробничих умовах джерелами ультрафіолетових випромінювань являється: електродугове зварювання, плазмове обладнання, газорозрядні лампи тощо. Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання обумовлена хімічними змінами молекул живих клітин, які його поглинають, і виявляється в порушенні поділу та загибелі клітин. Якщо буде тривалий вплив великих доз випромінювання то це призведе до уражень шкіри та органів зору. Ефективним методом захисту від ультрафіолетового випромінювання є екранування джерел випромінювання. Робочі місця огорожують ширмами, щитами, обладнують кабінки. Як засоби індивідуального захисту використовують спецодяг, спецвзуття, рукавиці, захисні окуляри та щитки із світлофільтрами. Електромагнітне випромінювання. Джерелами електромагнітних випромінювань є потужні телевізійні та радіомовні станції, промислові установки високочастотного

нагріву, вимірювальні прилади, а також будь-які елементи, які входять до високочастотної мережі. Дія електромагнітних полів на організм людини виявляється у функціональному розладі центральної нервової системи. Суб'єктивні почуття при цьому — підвищена втома, головний біль, зниження точності робочих рухів, млявість.

Основні види захисту: зменшення випромінювань безпосередньо біля джерела; дистанційний контроль і керування в екранованому приміщенні; організаційні заходи (проведення дозиметричного контролю, медичні огляди, додаткова відпустка, скорочені робочі дні); застосування засобів індивідуального захисту (спецодяг, захисні окуляри). Лазерне випромінювання.

4.2 Техніка безпеки під час виконання ремонтних робіт гідравлічного обладнання.

Нагадуємо, що „Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання ” поширюються на підприємства, установи і організації незалежно від їх підпорядкування та форми власності, на підприємців та інших юридичних та фізичних осіб, які займаються технічним обслуговуванням і ремонтом машин та обладнання.

Ремонтні роботи у стаціонарних умовах повинні проводитись у пристосованих для цього приміщеннях та кваліфікованими працівниками. Робочі місця по ремонту та технічному обслуговуванню гідравлічних машин повинні бути обладнані підйомними механізмами. Захаращування проходів і робочих місць вузлами та деталями гідравлічних машин, що ремонтуються, матеріалами і відходами забороняється.

До роботи на свердлильних, шліфувальних та заточувальних верстатах допускаються механізатори та інші працівники, які залучаються на період ремонту, пройшли навчання, а також інструктаж з охорони праці при роботі на даному обладнанні.

Згідно „Правил”, під час ремонту і обслуговування машин з високим розміщенням вузлів і деталей працівники повинні бути забезпечені стрем'янками. Застосовувати приставні драбини забороняється.

Спеціальний одяг і взуття, інші засоби індивідуального захисту потрібно використовувати при проведенні ремонтних робіт: бавовняний халат, косинка, рукавиці, гумові рукавички.

При проведенні ремонтних робіт працівник зобов'язаний:

- виконувати лише ту роботу яку йому доручили, якщо працівник погано знає безпечний спосіб виконання роботи, то він повинен звернутися до адміністрації за роз'ясненням, а також просити додаткового інструктажу;
- направити всю свою увагу тільки на виконання роботи;
- не можна залучати працівників, які не мають відношення до цієї роботи;
- категорично забороняється працювати на несправному обладнанні та несправним інструментом;
- треба підтримувати в порядку та чистоті робоче місце, не засмічувати його деталями, відходами, сміттям;
- якщо роботи проводяться в навчальному закладі та виявлені недоліки та несправності на робочому місці негайно повідомляти адміністрацію та без дозволу починати роботу категорично забороняється.
- У ремонтної групи повинна бути медична аптечка для випадків, коли необхідно надати першу допомогу потерпілому.
- В доступному місці повинен бити ісправний вогнегасник, для гасіння можливого осередка загоряння.
- Категорично забороняється вживати спиртні напої, а також приступати до роботи в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння. Палити в приміщеннях будівель закладу та на території закладу забороняється.

Вимоги безпеки перед початком проведення ремонтних робіт на території школи

Потрібно одягнути спецодяг, засоби індивідуального захисту. Вийняти з кишень спецодягу гострі та небезпечні зайві предмети. Не заколювати спецодяг голками, шпильками, булавками та різноманітними гострими предметами.

Оглянути та звільнити місце виконання робіт від сторонніх предметів.

Перед початком ремонтних робіт слід підготувати до роботи необхідне обладнання, інструменти, матеріали, перевірити їх справність, переконатися у відсутності усіляких пошкоджень, оцінити на придатність до використання.

Потрібно щоб поруч біли засоби пожежогасіння, а також медичної аптечки з перев'язними засобами.

Використовувати спеціальну торбу, валізу або ящик для перенесення інструменту до робочого

Перевірити знеструмлення електрообладнання в зоні виконання ремонтних робіт.

Не приступати до роботи на несправному обладнанні.

При виявлених несправностях обладнання та захисної роби сповістити відповідального за проведення даної роботи та забороняється приступати до роботи доки не буде усунено виявлених несправностей.

Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

При проблемах зі здоров'ям і погане самопочуття слід припинити роботу і повідомити відповідальній особі о стані почуття.

При виявленні несправності обладнання та інвентарю необхідно негайно припинити роботу і повідомити про це керівника робіт.

При випадковому розливі рідин, розчинів, фарб, слід негайно прибрати їх з підлоги.

При отриманні травми (поранення, отруєння, опіку) необхідно негайно надати першу допомогу потерпілому, при необхідності доставити до найближчої лікувальної установи або викликати швидку допомогу.

Вимоги охорони праці після закінчення ремонтних робіт

Повірити наявність всього використаного в роботі інструменту і привести в порядок своє робоче місце.

Зняти спеціальний одяг і ретельно вимити руки з милом.

4.3 Дії обслуговуючого персоналу під час пожежі на підприємстві з підготовки нафти.

У разі виникнення пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний:

- одразу повідомити телефоном аварійно-рятувальну службу. При дзвінку потрібно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;
- по можливості вжити заходів по евакуації людей, гасіння локальної пожежі та збереження матеріальних цінностей;
- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити керівника чи відповідну особу або чергового об'єкту;
- у разі необхідності викликати служби медичної допомоги, газорятувальну тощо.

Посадова особа об'єкта, що першою прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана аварійно-рятувальна служба, якщо ні, то продублювати дзвінок, довести подію до відома керівника;
- у разі загрози життю людей негайно розпочати їх евакуацію, використовуючи для цього наявні сили й засоби;
- вивести за межі небезпечної зони всіх працюючих, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;
- припинити всі роботи на об'єкті крім робіт, пов'язаних із заходами по ліквідації пожежі;
- здійснити у разі необхідності відключення електроенергії, агрегатів,

апаратів, водяних комунікацій окрім систем протипожежного захисту;

- організувати зустріч підрозділів аварійно-рятувальної служби, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху до осередку пожежі та до водних джерел;
- обов'язково дотримуватися техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Михайлов А. К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. — М. : Машиностроение, 1977. — 288 с.
2. Ржебаева Н. К. Расчет и конструирование центробежных насосов : учеб. пос. / Н. К. Ржебаева, Э. Е. Ржебаев. — Сумы : СумГУ, 2009. — 220 с.
3. Профилирование проточной части рабочих колес центробежных насосов : учеб. пос. / А. Н. Машин. — М. :МЭИ, 1976. — 55 с.
4. Мелашенко В. И. Профилирование лопатей рабочих колес центробежных насосов : учеб. пос. / В. И. Мелашенко, А. В. Зуев , А. И. Савельев. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 50 с.
5. Лопастные насосы : справочник / под общ. ред. В. А. Зимницкого, В. А. Умова. - Л. : Машиностроение, 1986. — 334 с.
6. Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы / А. А. Ломакин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.; Л. : Машиностроение, 1966. — 364 с.
7. Машин А. Н. Лопастные насосы и насосные станции : учеб. пос. / А. Н. Машин. — М. : МЭИ, 1980. — 64 с.
8. Анурьев, В.І. Довідник конструктора машинобудівника: у трьох томах./В.І.Анурьев. -М.: Машинобудування, 2001. -Т.1- 920с.
9. Курсове проектування деталей машин: навч. пос./С.А.Чернавський, К. М.Боков, І.М.Чернінта ін - 2-е вид., Перераб. ідоп.-М.: Машинобудування, 1987. - 416с.
10. Деталі машин.Курсове проектування: навч. пос./П.Ф.Дунаєв, О.П.Льоліков. - М.: Вицашкола, 1984. - 336с.
11. Методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проектування зі спеціальності 05050205 "Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика": для студ. денної та заочної форм навчання / Е. В. Колісніченко, В. О. Панченко. — Суми : СумДУ, 2013. — 48 с.