

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

«Проектування насоса уніфікованого типу АНС 300-45.»

зі спеціальності 6.05050205 «Гідравлічні машини, гідроприводи та
гідропневмоавтоматика»

Виконавець роботи

Безсмертний Олександр Сергійович
прізвище, ім'я, по батькові

підпис, дата

Науковий керівник

науковий ступінь, учене звання

Лобуренко Михайло Васильович
прізвище, ім'я, по батькові

підпис, дата

Суми 2018

Зміст

Технологічне завдання

Реферат

1. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ	4
1.1 Вихідні дані для розрахунку	4
1.2 Визначення діаметра вала та втулки робочого колеса	6
1.3 Визначення геометричних параметрів входу у робоче колесо	6
1.4 Визначення числа лопатей та їх товщини	8
1.5 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку	8
1.6 Визначення геометричних параметрів виходу з робочого колеса	9
1.7 Уточнення зовнішнього діаметра робочого колеса з урахуванням кінцевого числа лопатей	11
1.8 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку на виході з робочого колеса	12
2 ПРОЕКТУВАННЯ МЕРИДІАННОГО ПЕРЕРІЗУ РОБОЧОГО КОЛЕСА	14
2.1 Загальні відомості	14
2.2 Побудова меридіанного перерізу	15
3 ПІДГОТОВКА МЕРИДІАННОГО ПЕРЕРІЗУ РОБОЧОГО КОЛЕСА ДЛЯ ПРОФІЛЮВАННЯ ЛОПАТІ	19
3.1 Побудова нормалей	19
3.2 Побудова ліній течії	20
4 ПРОФІЛЮВАННЯ ЛОПАТІ	23
4.1 Загальні положення	23
4.2 Побудування координатної сітки на розгортці циліндра	23
4.3 Побудова конформного відображення координатної сітки на поверхні течії	24
4.4 Профілювання поверхні лопаті на розгортці циліндра	26
4.5 Побудова меридіанних перерізів поверхні лопаті на меридіанній проекції робочого колеса	29
4.6 Побудова лопаті у плані	30
5 ВИКОНАННЯ РОБОЧОГО КРЕСЛЕННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА	31
6 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ СПІРАЛЬНОГО ВІДВОДУ З ТАНГЕНЦІАЛЬНИМ ВИХОДОМ	33
6.1 Конструктивні особливості спірального відводу	33

					6.05050205.03.БР.000.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>		<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Безсмертний</i>			Уніфікація насосу типа АНС 300-45		4	
<i>Провер.</i>		<i>Лобуренко</i>			Пояснювальна записка	<i>ГМ-41 СумДУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Алексеенко</i>						
<i>Утверд.</i>								

6.2 Розрахунок і проектування спіральної камери.....	35
6.2.1 Визначення діаметра початкової окружності	35
6.2.2 Визначення ширини входу в спіраль	35
6.2.3 Вибір кута нахилу бічних стінок спіралі.....	35
6.2.4 Визначення кута обхвату спіралі в плані	36
6.2.5 Визначення пропускної здатності спіралі у вихідному перерізі	37
6.2.6 Визначення площі розрахункового перерізу.....	37
6.2.7 Перевірка правильності визначення площі розрахункового перерізу $F_{\text{розрах}}$	41
6.2.8 Визначення площ проміжних перерізів.....	43
6.2.9 Побудова плану спіралі.....	44
6.3 Розрахунок і проектування дифузорної ділянки.....	44
7 Розрахунок собівартості насосного агрегату	47
7.1 Розраховуємо повну собівартість насосного агрегату.	47
7.2. Витрати на вироби, що закуповують:	48
7.3 Транспортні – заготівельні витрати:	49
7.4 Розрахунок заробітної платні працівників виробництва:	49
8 Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму	54
8.1 Причини виробничого травматизму	54
8.2 Методи аналізу, показники	55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	63

1. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Меридіанний переріз відцентрового робочого колеса наведений на рис. 1.

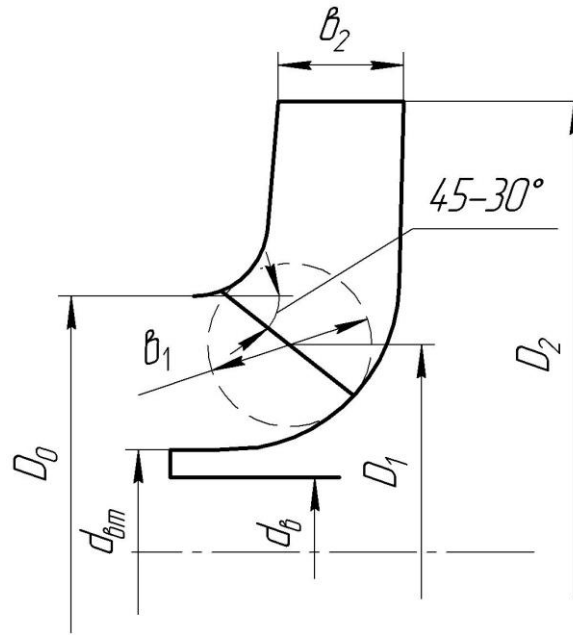


Рисунок 1 – Меридіанний переріз робочого колеса відцентрового насоса

1.1 Вихідні дані для розрахунку

При проектуванні робочого колеса задаються його основні параметри:

- тип робочого колеса: однопотокове ($\alpha = 1$), двопотокове ($\alpha = 2$);

- густина перекачуваної рідини $\rho = 1000$, кг/м³;

- подача $Q' = \frac{Q}{\alpha} = 300$ м³/год;

- напір $H = 45$, м.

Коефіцієнт швидкості

- при частоті обертання $n = 1500$, об/хв.

$$n_s = \frac{3,65n\sqrt{\frac{Q'}{3600}}}{H^{\frac{3}{4}}} = \frac{3,65 \cdot 1500 \sqrt{\frac{300}{3600}}}{45^{\frac{3}{4}}} = 91;$$

- при частоті обертання $n = 3000$, об/хв.

$$n_s = \frac{3,65n\sqrt{\frac{Q'}{3600}}}{H^{\frac{3}{4}}} = \frac{3,65 \cdot 3000 \sqrt{\frac{300}{3600}}}{45^{\frac{3}{4}}} = 182.$$

Приймаємо

- $n = 1500$, об/хв;

- $n_s = 91$.

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Приведений діаметр робочого колеса визначається 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 підвищення кавітаційних якостей робочого колеса, а також при малих його розмірах ($D_{1np} < 70$ мм).

$$D_{1np} = 4,25 \sqrt[3]{\frac{300}{3600 \cdot 1500}} 10^3 = 162,2 \text{ мм}$$

Об'ємний ККД визначається за формулою

$$\eta_{об} = \frac{1}{1 + 0,68n_s^{\frac{2}{3}}} = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot 91^{\frac{2}{3}}} = 0,967.$$

Подача робочого колеса

$$Q_{p.k.} = \frac{Q'}{\eta_0} = \frac{300}{0,967} = 310,2 \text{ м}^3/\text{год},$$

Гідравлічний ККД

$$\eta_{Г} = 1 - \frac{0,42}{(\lg D_{1np} - 0,172)^2} = 1 - \frac{0,42}{(\lg 162,2 - 0,172)^2} = 0,899.$$

Внутрішній механічний ККД

$$\eta'_M = \frac{1}{1 + 820n_s^{-2}} = \frac{1}{1 + 820 \cdot 91^{-2}} = 0,901.$$

Повний ККД насоса

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

де $\eta_{Г}$ - гідравлічний ККД;

η'_M - внутрішній механічний ККД;

η_M - зовнішній механічний ККД.

Зовнішній механічний ККД задаємо: $\eta_M = 0,95 - 0,99$ (менші значення беруться для малих потужностей).

$$\eta = 0,967 \cdot 0,899 \cdot 0,901 \cdot 0,99 = 0,775$$

Потужність, споживана насосом (Вт), визначається за формулою

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

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

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 45}{3600 \cdot 0,775} = 47468 \text{ Вт}.$$

Теоретичний напір робочого колеса, м:

$$H_T = \frac{H}{\eta_{Г}} = \frac{45}{0,899} = 50,06 \text{ м}.$$

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

1.2 Визначення діаметра вала та втулки робочого колеса

У першому наближенні діаметр вала, мм, визначається з розрахунку на кручення за формулою

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau_{\text{к}}]}}$$

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

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

$[\tau_{\text{к}}] = 10 - 30$ МПа- занижене максимальне напруження на кручення, МПа (менші значення беремо при консольному розташуванні робочого колеса).

$$N_{\text{max}} = 1,1 \cdot 47468 = 52215 \text{ Вт},$$

$$M = \frac{52215 \cdot 30}{\pi \cdot 1500} = 332 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{332 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 43,62 \text{ мм}.$$

Отримане значення діаметра округляють до стандартного у більшу сторону

$$d_{\text{в}} = 50 \text{ мм}.$$

Діаметр втулки, мм, орієнтовно вибирають з виразу

$$d_{\text{в}} = (1,2 - 1,25) \cdot 50 = 60 \text{ мм}.$$

мм.

Приймаємо

$$d_{\text{вт}} = 60 \text{ мм}.$$

1.3 Визначення геометричних параметрів входу у робоче колесо

Діаметр вхідної воронки робочого колеса, мм, визначають з виразу

$$D_0 = \sqrt{D_{1\text{пр}}^2 + d_{\text{вт}}^2} = 170,95 \text{ мм}.$$

Отримане значення округляємо до цілого у більшу сторону.

$$D_0 = 171 \text{ мм}.$$

Швидкість потоку на вході у робоче колесо

$$V_0 = \frac{4 \cdot Q_{\text{РК}}}{3600\pi(D_0^2 - d_{\text{вт}}^2)} = 4,17 \text{ м/с}.$$

Далі задаються положенням вхідної кромки, яка, як правило, розміщується у зоні повороту потоку з осьового напрямку у радіальний під кутом 45-30° до осі насоса (аналогічно робочим колесам із високим ККД подібних n_s).

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

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$D_1 = 0,8D_0 = 0,8 \cdot 171 = 137 \text{ мм.}$$

Визначаємо радіус середньої точки R_1 , за яким ведеться розрахунок кута потоку на вході $\beta_{1П}$.

$$R_1 = \frac{D_1}{2} = \frac{137}{2} = 68,5 \text{ мм.}$$

Для підвищення антикавітаційних якостей робочого колеса 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 .

$$V'_{1m} = V_0 = 4,17 \text{ м/с.}$$

При вході потоку на лопать меридіанна складова абсолютної швидкості зростає та визначається виразом

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

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

$$V_{1m} = 1,25 \cdot 4,17 = 5,21 \text{ м/с.}$$

У загальному випадку кут потоку на вході, град, розраховують з трикутника швидкостей за формулою

$$\beta_{1П} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1 - V_{1У}},$$

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

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

$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,137 \cdot 1500}{60} = 10,76 \text{ м/с.}$$

У консольних насосах $V_{1У} = 0$. У насосах типу Д потік входить у робоче колесо з деякою початковою циркуляцією, тому $V_{1У} \neq 0$. При цьому момент швидкості $K_1 = V_{1У} R_1$ може бути визначений з виразу

$$K_1 = 0,063 \sqrt{\frac{Q_{п.к.}^2 n}{(3600)^2}}, \text{ м}^2/\text{с.}$$

Тоді для насосів типу Д швидкість $V_{1У}$ визначається за виразом:

$$V_{1У} = \frac{0,123 \sqrt{\frac{Q_{п.к.}^2 n}{(3600)^2}}}{D_1}, \text{ м/с.}$$

Тоді

$$\beta_{1П} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1} = \arctg \frac{5,21}{10,76} = 25,84^\circ.$$

Кут нахилу лопаті на вході у робоче колесо, град:

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

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

Цей кут повинен знаходитися у межах 15-30°. Кут атаки $\Delta\beta = 3-8^\circ$ вводить з метою зменшення гідравлічних втрат в області робочого колеса та покращання його кавітаційних властивостей. У деяких випадках кут атаки $\Delta\beta$ може бути збільшений до 15°.

$$\beta_1 = 25,84 + 3 = 28,84^\circ.$$

1.4 Визначення числа лопатей та їх товщини

Більшість відцентрових насосів різних розмірів та коефіцієнтів швидкохідності з високими техніко-економічними показниками має число лопатей $z = 5-8$. У деяких випадках число лопатей зменшують до 1-3 (наприклад, при перекачуванні забруднених рідин або газорідних сумішей).

Приймаємо $z = 7$.

Товщину лопаті робочого колеса вибирають з технологічних міркувань (залежно від матеріалу робочого колеса, його розмірів та технологічних ливарних можливостей підприємства). Орієнтовно можна взяти товщину лопаті на вході у робоче колесо $s_1 = 2-10$ мм при $D_1 = 150-500$ мм.

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

Приймаємо $s_1 = s_2 = 3$ мм.

1.5 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку

Після вибору числа лопатей та їх товщини уточнюють значення Ψ'_1 за формулою

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

Повинна бути забезпечена умова $|\Psi'_1 - \Psi_1| \leq 0,01$. Якщо ця 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). Обчислення повторюють, поки не буде виконана умова $|\Psi'_1 - \Psi_1| \leq 0,01$.

1-е наближення

$$\Psi'_1 = \frac{1}{1 - \frac{7 \cdot 3}{2\pi \cdot 68,5 \sin 28,84^\circ}} = 1,112$$

$$|1,112 - 1,25| = 0,138 > 0,01$$

2-е наближення

$$V_{1m} = 1,112 \cdot 4,17 = 4,64 \text{ м/с.}$$

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\beta_{1П} = \operatorname{arctg} \frac{V_{1m}}{U_1} = \operatorname{arctg} \frac{4,64}{10,76} = 23,33^\circ$$

$$\beta_1 = 23,33 + 3 = 26,33^\circ$$

$$\Psi'_1 = \frac{1}{1 - \frac{7 \cdot 3}{2\pi \cdot 68,5 \sin 26,33^\circ}} = 1,124$$

$$|1,124 - 1,112| = 0,012 > 0,01$$

3-е приближення

$$V_{1m} = 1,124 \cdot 4,17 = 4,69 \text{ м/с.}$$

$$\beta_{1П} = \operatorname{arctg} \frac{V_{1m}}{U_1} = \operatorname{arctg} \frac{4,69}{10,76} = 23,55^\circ$$

$$\beta_1 = 23,55 + 3 = 26,55^\circ$$

$$\Psi'_1 = \frac{1}{1 - \frac{7 \cdot 3}{2\pi \cdot 68,5 \sin 26,55^\circ}} = 1,123$$

$$|1,123 - 1,124| = 0,001 < 0,01 \text{ - умова виконується.}$$

Ширину робочого колеса, м, на вході знаходять з виразу

$$b_1 = \frac{Q_{p.k.}}{\pi D_1 V_{1m} 3600} = \frac{310,2}{3,14 \cdot 0,137 \cdot 4,69 \cdot 3600} = 0,043 \text{ м.}$$

1.6 Визначення геометричних параметрів виходу з робочого колеса

Попереднє значення зовнішнього діаметра робочого колеса (при нескінченному числі лопатей z) може бути визначене спрощено з основного рівняння роботи лопатевих насосів. Беремо у першому наближенні $V_{1U} = 0$ і $V_{2U} = 0,5U_2$. Тоді колова швидкість на виході з робочого колеса

$$U'_2 = \sqrt{\frac{gH_T}{0,5}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 50,06}{0,5}} = 31,3 \text{ м/с,}$$

а діаметр на виході з робочого колеса при нескінченному числі лопатей:

$$D'_2 = \frac{60U'_2}{\pi n} = \frac{60 \cdot 31,3}{3,14 \cdot 1500} = 0,399 \text{ м.}$$

Кінцеве значення D_2 визначають з урахуванням поправки на кінцеве число лопатей.

Меридіанна 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 .

$$V'_{2m} = 0,75V'_{1m} = 0,75 \cdot 4,17 = 3,13 \text{ м/с.}$$

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Кут на виході з робочого колеса β_2 визначають з трикутника швидкостей у залежності від прийнятого значення V'_{2m} таким чином, 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 $\frac{W_1}{W_{2\infty}} = f(n_s)$

наведена на рис. 2.

Виходячи із забезпечення мінімуму втрат, рекомендують такі значення:

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

Для збільшення напору кут β_2 може бути збільшений, але при цьому складніше отримати повільно спадаючу напірну характеристику.

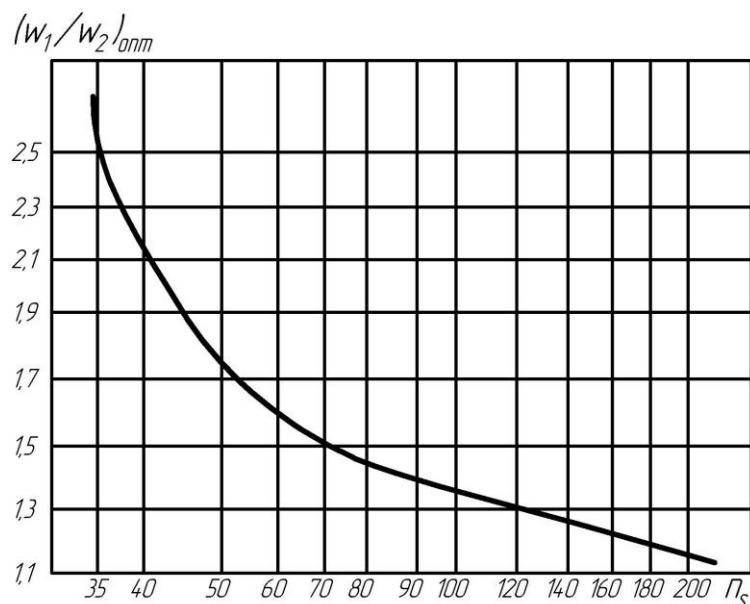


Рисунок 2 – Залежність $\frac{W_1}{W_{2\infty}}$ від n_s

При $n_s = 87$ визначаємо за графіком $\frac{W_1}{W_{2\infty}} = 1,4$.

$$\beta_2 = \arcsin\left(\frac{W_1}{W_{2\infty}} \frac{\Psi_2}{\Psi_1} \frac{V'_{2m}}{V'_{1m}} \sin \beta_1\right) = \arcsin\left(1,4 \cdot \frac{1,07}{1,123} \cdot \frac{3,13}{4,17} \sin 26,55^\circ\right) = 26,59^\circ$$

1.7 Уточнення зовнішнього діаметра робочого колеса з урахуванням кінцевого числа лопатей

Поправка K_z на кінцеве число лопатей може бути визначена 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 $n_s < 150$:

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

де менші значення Ψ беруться для ретельно виконаних робочих коліс із лопатевими відводами;

- при $n_s = 150 - 200$:

$$\Psi = 1,6 \left(\sin \beta_2 + \left(\frac{D_1}{D'_2}\right)^2 \sin \beta_1 \right);$$

- при $n_s > 200$:

$$\Psi = \left(1,7 + 13,3 \left(\frac{V_{2m}}{U_2 \operatorname{tg} \beta_2}\right)^2 \right) \sin \beta_2.$$

Приймаємо

$$\Psi = (0,55 - 0,65) + 0,6 \sin 26,59^\circ = 0,869$$

$$p = 2 \frac{\Psi}{z} \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D'_2}\right)^2} = 2 \frac{0,869}{7} \frac{1}{1 - \left(\frac{137}{399}\right)^2} = 0,281$$

$$K_z = \frac{1}{1+p} = \frac{1}{1+0,281} = 0,781$$

Теоретичний напір при нескінченному числі лопатей

$$H_{T\infty} = \frac{H}{\eta_r K_z} = \frac{45}{0,899 \cdot 0,781} = 64,09 \text{ м.}$$

Меридіанна швидкість на виході з урахуванням стиснення

$$V_{2m} = \Psi_2 V'_{2m} = 1,07 \cdot 3,13 = 3,35 \text{ м/с.}$$

Колова швидкість на виході з робочого колеса

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

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

$$= \frac{3,35}{2 \operatorname{tg} 26,59^\circ} + \sqrt{\left(\frac{3,35}{2 \operatorname{tg} 26,59^\circ}\right)^2 + 9,81 \cdot 64,09 + 0} = 28,64 \text{ м/с.}$$

Уточнений діаметр робочого колеса

$$D_2 = \frac{60U_2}{\pi n} = \frac{60 \cdot 28,64}{\pi \cdot 1500} = 0,365 \text{ м.}$$

1.8 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку на виході з робочого колеса

Після визначення s_2 та D_2 уточнюють коефіцієнт стиснення потоку на виході з робочого колеса

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

При цьому повинна бути забезпечена умова $|\Psi'_2 - \Psi_2| \leq 0,01$. Якщо ця умова не виконується, то роблять друге наближення, задаючись $\Psi''_2 = \Psi'_2$, визначають V_{2m} , β_2 та D_2 . Обчислення повторюють, поки не буде виконана умова $|\Psi'_1 - \Psi_1| \leq 0,01$.

1-е наближення

$$\Psi'_2 = \frac{1}{1 - \frac{7 \cdot 3}{\pi \cdot 365 \cdot \sin 26,59}} = 1,043$$

$$|1,043 - 1,07| = 0,027 > 0,01$$

2-е наближення

$$V_{2m} = \Psi'_2 V'_{2m} = 1,043 \cdot 3,13 = 3,26 \text{ м/с.}$$

$$\beta_2 = \arcsin\left(\frac{W_1}{W_{2\infty}} \frac{\Psi_2}{\Psi_1} \frac{V'_{2m}}{V'_{1m}} \sin \beta_1\right) = \arcsin\left(1,4 \cdot \frac{1,043}{1,123} \cdot \frac{3,13}{4,17} \sin 26,55^\circ\right) = 25,86^\circ$$

$$\Psi = (0,55 - 0,65) + 0,6 \sin 25,86^\circ = 0,862$$

$$p = 2 \frac{\Psi}{z} \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D'_2}\right)^2} = 2 \frac{0,862}{7} \frac{1}{1 - \left(\frac{137}{399}\right)^2} = 0,279$$

$$K_z = \frac{1}{1 + p} = \frac{1}{1 + 0,279} = 0,782$$

$$H_{T\infty} = \frac{H}{\eta_r K_z} = \frac{45}{0,899 \cdot 0,782} = 64,01$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		62

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

$$= \frac{3,26}{2tg25,86^\circ} + \sqrt{\left(\frac{3,26}{2tg25,86^\circ}\right)^2 + 9,81 \cdot 64,01 + 0} = 28,65 \text{ м/с.}$$

$$D_2 = \frac{60U_2}{\pi n} = \frac{60 \cdot 28,65}{\pi \cdot 1500} = 0,365$$

$$\Psi'_2 = \frac{1}{1 - \frac{7 \cdot 3}{\pi \cdot 365 \cdot \sin 25,86}} = 1,044$$

$|1,043 - 1,044| = 0,001 < 0,01$ - умова виконується.

Ширину робочого колеса на вході знаходимо з виразу

$$b_2 = \frac{Q_{p.к.}}{\pi D_2 V_{2m} 3600} = \frac{310,2}{\pi \cdot 0,365 \cdot 3,26 \cdot 3600} = 0,023 \text{ м.}$$

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

2 ПРОЕКТУВАННЯ МЕРИДІАННОГО ПЕРЕРІЗУ РОБОЧОГО КОЛЕСА

2.1 Загальні відомості

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

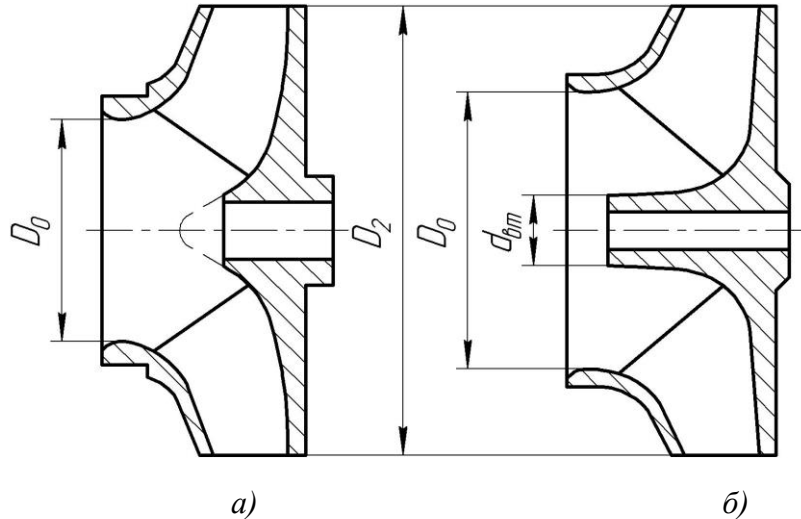


Рисунок 3 – Форма меридіанного перерізу робочого колеса:
а – робоче колесо консольного насоса;
б – робоче колесо насоса із прохідним валом

Колеса із заглибленою втулкою (рис. 3 а), як правило, застосовуються у одноступінчастих насосах із консольним розміщенням колеса на валу. У таких колесах втулка не стискає вхідний переріз, і діаметр вхідної горловини D_0 дорівнює приведеному діаметру входу у колесо D_{1np} .

Колеса з висунутою втулкою (рис. 3 б) застосовуються у одноступінчастих та багатоступінчастих насосах з прохідним валом та у шнеко-відцентрових насосах. Для таких колес діаметр вхідної горловини визначається за формулою

$$D_0 = \sqrt{D_{1np}^2 + d_{fm}^2}.$$

З урахуванням конструктивних міркувань вибирають положення втулки, намічають контур меридіанного перерізу колеса, керуючись при цьому такими рекомендаціями:

- контури меридіанного перерізу повинні бути плавно окресленими. Кожна зі стінок утворюється двома відрізками прямих, з'єднаних одним або декількома радіусами (застосовувати лекальні криві не допускається, оскільки це ускладнює виготовлення робочого колеса);

- нахил стінок на виході (див. рис. 4) $\gamma_1 = \gamma_2 = 0-5^\circ$. Можливі випадки $\gamma_1 \neq \gamma_2$ (тоді $\gamma_1 > 5^\circ$, а $\gamma_2 = 0$);

- при виборі окреслень стінок необхідно уникати як надмірного збільшення осьового розміру робочого колеса, так і значного його зменшення. У першому випадку матимемо нераціональне збільшення довжини, а отже, і маси колеса; у

									Лист
									62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

другому внаслідок малого радіуса R_{II} (рис. 4 а) виникає небезпека відриву потоку від передньої стінки. Як правило, це $l_1 = 0$ або $l_1 = 0,05D_0$;

- площа нормального перерізу проточної частини робочого колеса повинна плавно зростати від входу до виходу. На графіку зміни площ (рис. 5) найкращі результати дає вигнута крива $F = f(l)$, спрямована приблизно за бісектрисою кута [3]. Необхідно зауважити, що робоче колесо з розширеною (з метою підвищення його антикавітаційних якостей) входною воронкою тут не розглядаються.

Місцеве розширення меридіанного перерізу колеса на повороті компенсує стиснення перерізу лопатями, які, як правило, починаються у цій зоні. Зазначене розширення рекомендується виконувати головним чином за рахунок збільшення радіуса кривизни покривного диска колеса. При цьому зменшується нерівномірність розподілу швидкості на повороті, що сприяє зниженню гідравлічних втрат у колесі.

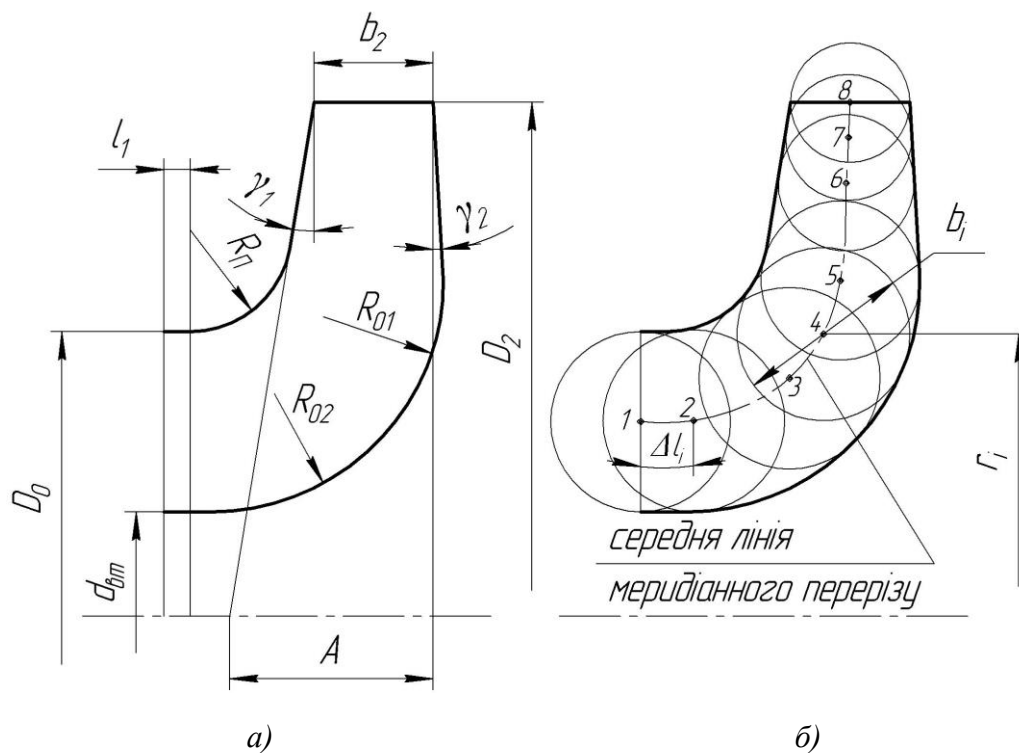


Рисунок 4 – До проектування меридіанного перерізу

2.2 Побудова меридіанного перерізу

Контури меридіанного перерізу знаходять методом послідовних наближень.

Намічають попередньо «на око» контури перерізу. Рекомендується при цьому орієнтуватися на існуючі робочі колеса з подібним коефіцієнтом швидкохідності.

Для того щоб з'ясувати характер зміни площі нормального перерізу проточної частини колеса для наміченого меридіанного перерізу, необхідно побудувати графік $F = f(l)$ (див. рис. 5), де l - відстань вздовж середньої лінії меридіанного перерізу колеса від входу до виходу. При цьому робимо так: у

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

намічений меридіанний переріз колеса вписуємо тонкими лініями від входу до виходу 8–10 кіл. У зоні повороту потоку кола, як правило, розташовують густіше. Центр першого кола розміщується на лінії, проведеній перпендикулярно до осі колеса через точку, розміщену на відстані l_i від центра дуги радіусом R_{II} (див. рис. 4 а). Центр останнього кола розміщується на лінії, що визначається зовнішнім діаметром колеса.

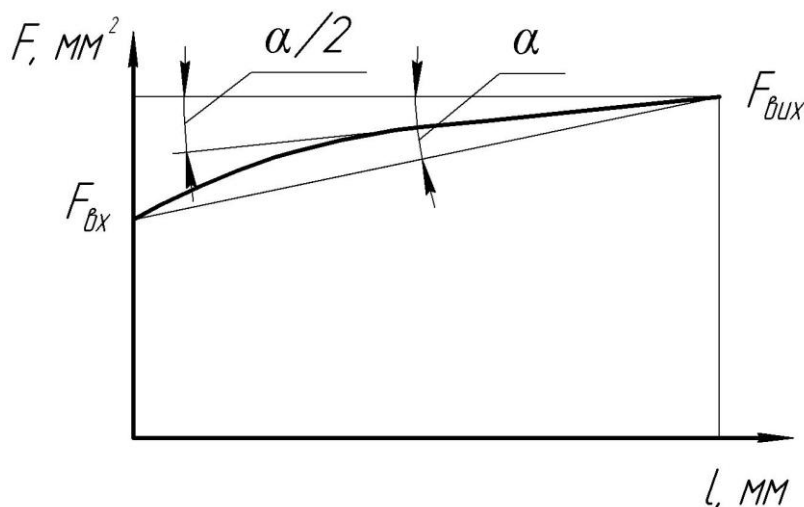


Рисунок 5 – Рекомендований графік зміни площі меридіанного перерізу робочого колеса

З'єднуючи центри вписаних кіл плавною лінією, отримують середню геометричну лінію меридіанного перерізу. Центри вписаних кіл нумеруються цифрами 1, 2, 3, ... від входу до виходу.

Далі обчислюють площі нормальних перерізів:

- початкового (на вході у робоче колесо):

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

- кінцевого (на виході з колеса):

$$F_{вих} = \pi D_2 b_2,$$

- проміжних:

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

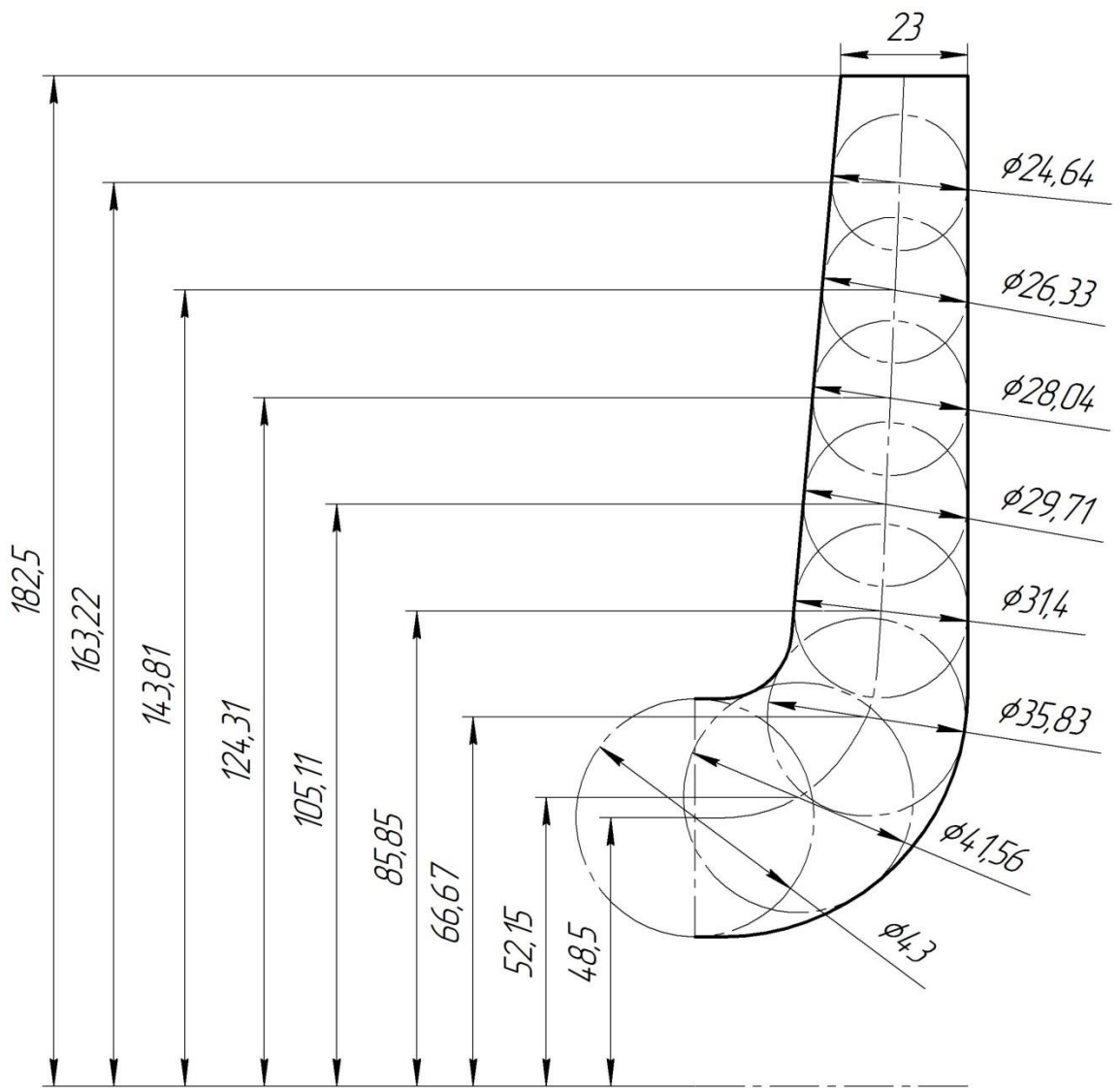
де r_i - відстань від осі колеса до центра вписаного кола;

b_i - діаметр вписаного кола.

Величини r_i та b_i визначаються з креслення.

Результати обчислень зводяться до таблиці 1.

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		



Побудова меридіанного перерізу

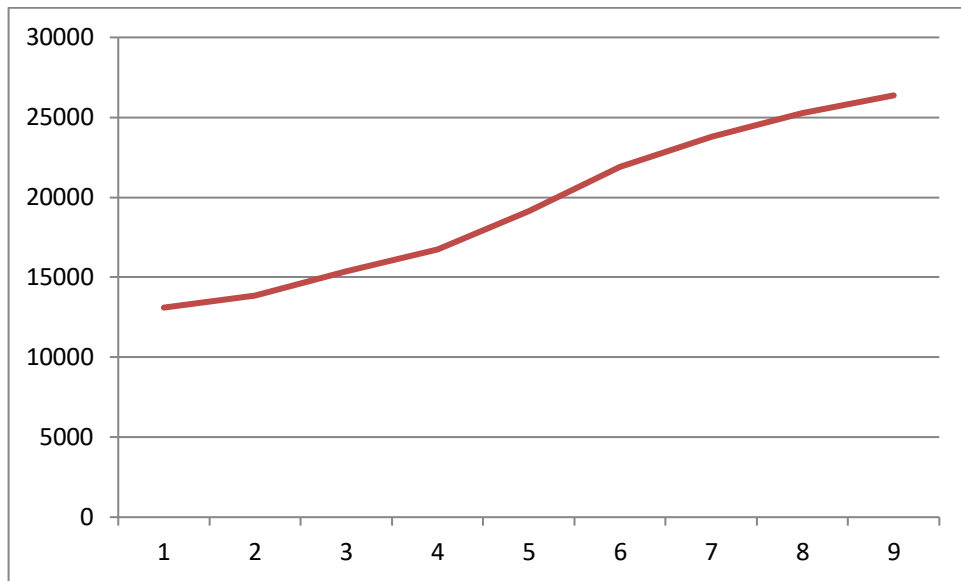
Таблиця 1 – Розрахунок площ меридіанного перерізу

Номер точки	r_i , мм	b_i , мм	Δl_i , мм	F_i , мм ²
1	48.5	43	13.46	13104
2	52.15	41.56	26.92	13856
3	66.67	35.83	40.38	15384
4	85.85	31.4	53.84	16737
5	105.11	29.71	67.3	19121
6	124.31	28.04	80.76	21901
7	143.81	26.33	94.22	23791
8	163.22	24.64	107.68	25269
9	182.5	23	121.14	26374

За даними таблиці будують приблизний графік $F = f(l)$. Відстань Δl_i вздовж середньої лінії меридіанного перерізу від першої точки до кожної наступної (2, 3, ...) визначається з креслення.

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Далі порівнюють результати розрахунку з рекомендованим графіком. Як правило, побудову меридіанного перерізу робочого колеса повторюють декілька разів, поки не буде отримано бажаного графіка $F = f(l)$. При цьому зміна форми меридіанного перерізу робочого колеса досягається за рахунок зміни розміру A та радіусів R_{II} , R_{01} , R_{02} .



Графік зміни площ меридіанного перерізу

3 ПІДГОТОВКА МЕРИДІАННОГО ПЕРЕРІЗУ РОБОЧОГО КОЛЕСА ДЛЯ ПРОФІЛЮВАННЯ ЛОПАТИ

Підготовка меридіанного перерізу колеса полягає у побудові розрахункових ліній течії. Для побудови розрахункових ліній течії (струминок) необхідно на меридіанному перерізі колеса спочатку побудувати нормалі та прийняти розподіл меридіанної швидкості у перерізах колеса вздовж нормалей.

3.1 Побудова нормалей

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

У меридіанний переріз вписуються тонкими лініями рівномірно від входу до виходу 8-10 кіл. Кола вписуються так само, як і при побудові графіка $F = f(l)$ (див. рис. 4), тому можна використовувати раніше вписані кола.

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

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

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

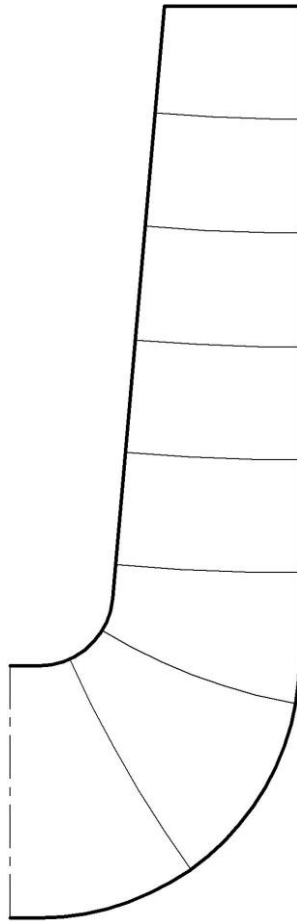


Рисунок 6 – Побудова нормалей

3.2 Побудова ліній течії

Лінії течії утворюються перерізом поверхонь течії меридіанною площиною (рис. 7). 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 цього при проектуванні відцентрових робочих коліс насосів набула поширення так звана схема рівношвидкісного потоку, за якою меридіанна швидкість $V_m = \frac{Q_{p.k.}}{F}$ береться сталою вздовж нормалі.

Практика показала, що розрахунок робочого колеса відцентрових насосів за прийнятою спрощеною схемою ($V_m = const$) вздовж нормалі досить добре забезпечує задані параметри. Розрахункові лінії течії зручно проводити таким чином, щоб вони ділили меридіанний переріз робочого колеса на ділянки, у яких протікала б однакова кількість рідини. Кількість таких ділянок залежить від n_s та орієнтовно може бути визначена з таблиці 2.

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

Таблиця 2

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.

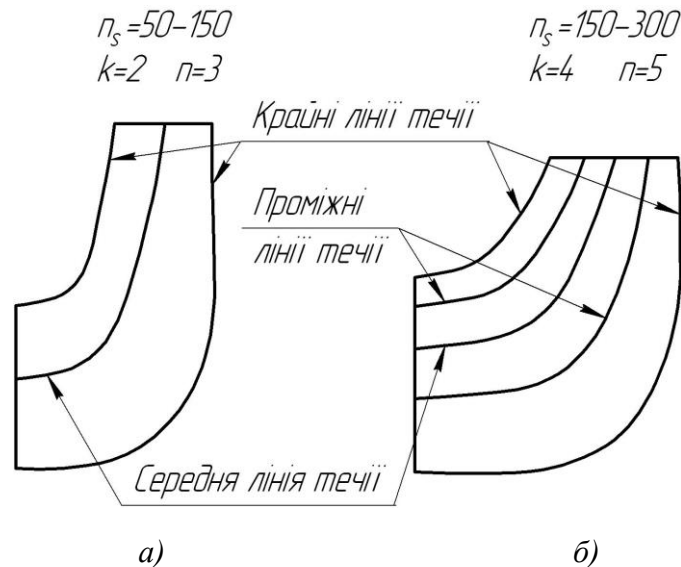


Рисунок 7 – Меридіанний переріз із проміжними лініями течії

Таким чином, за умови рівношвидкісного потоку, що відповідає постійності меридіанної швидкості V_m вздовж даної нормалі, через кожен струминку, окреслену лініями течії, протікають рівні кількості рідини:

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

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

l - довжина відрізка нормалі між сусідніми лініями течії;

$r_{ц.м.}$ - відстань від центра тяжіння відрізка l до осі колеса.

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

$$r_{ц.м.} l = const .$$

Побудову ліній течії починають 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 рівності

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

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Контури ліній течії між входом та виходом знаходять методом послідовних наближень. Необхідно провести ці лінії таким чином, щоб проточна частина колеса була розділена на частини, у яких протікали б однакові кількості рідини q . Для цього нормаль розбивають на ділянки l' , l'' та l''' (рис. 8). Після нанесення ділянок для кожної з них обчислюють добуток $r_{ц.м.}l$. Величини $r_{ц.м.}$ та l визначаються з креслення. При цьому повинна виконуватися умова $r'_{ц.м.}l' = r''_{ц.м.}l'' = r'''_{ц.м.}l'''$. Якщо цього не досягнуто, виконується коригування ліній течії.

Коригування закінчують, якщо відхилення між добутками на одній нормалі не перевищує 5%.

Ділянки нормалі у багатьох випадках унаслідок їх малої кривизни можна замінити на відрізки прямих.

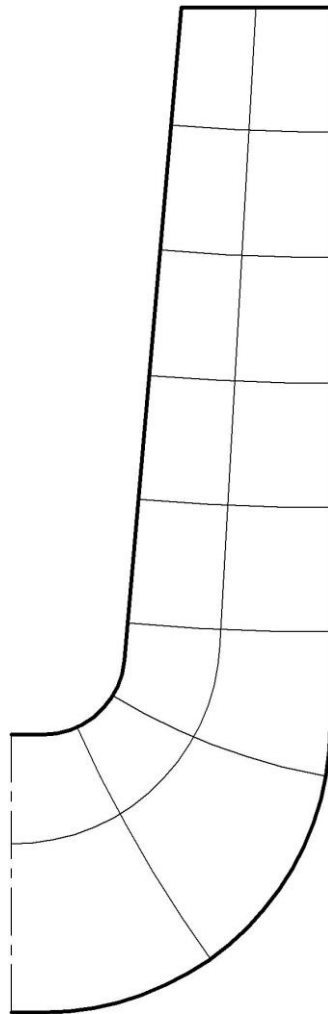


Рисунок 8 – Побудова ліній течії

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		62

4 ПРОФІЛЮВАННЯ ЛОПАТИ

4.1 Загальні положення

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

4.2 Побудування координатної сітки на розгортці циліндра

Координатна сітка необхідна для встановлення взаємозв'язку між відповідними точками поверхні течії та конформної діаграми. Сітка на розгортці відображувального циліндра (рис. 9) утворюється системою вертикальних та горизонтальних ліній (меридіанів та паралелей), проведених 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 побудови координатної сітки задаються кутом $\Delta\phi$ між меридіанними перерізами відображувального циліндра (рис. 9), який, як правило 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);

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

Приймаємо $R_{к.ц.} = 200$ мм, $C = 10$, $\Delta\phi = 10^\circ$. Тоді

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

$$\Delta S = \frac{\pi R_{к.ц.} \Delta\phi^\circ}{180^\circ} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 10}{180} = 34,91 \text{ мм}.$$

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

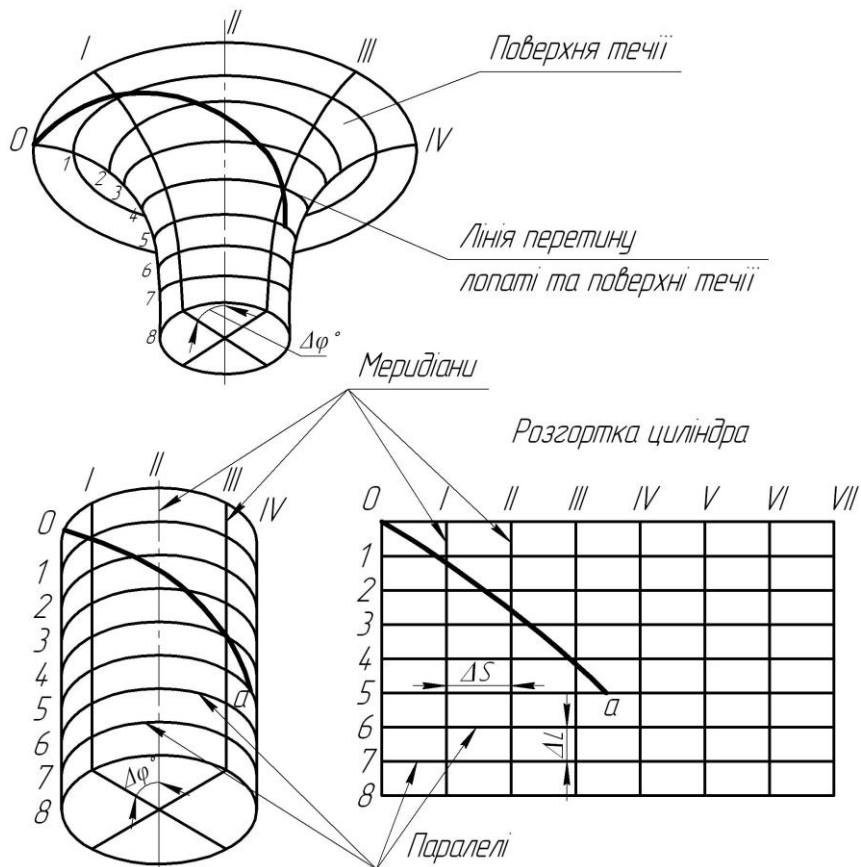


Рисунок 9 – Сітка на розгортці відображувального циліндра

4.3 Побудова конформного відображення координатної сітки на поверхні течії

Ця побудова полягає у розбивці усіх розрахункових 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 .

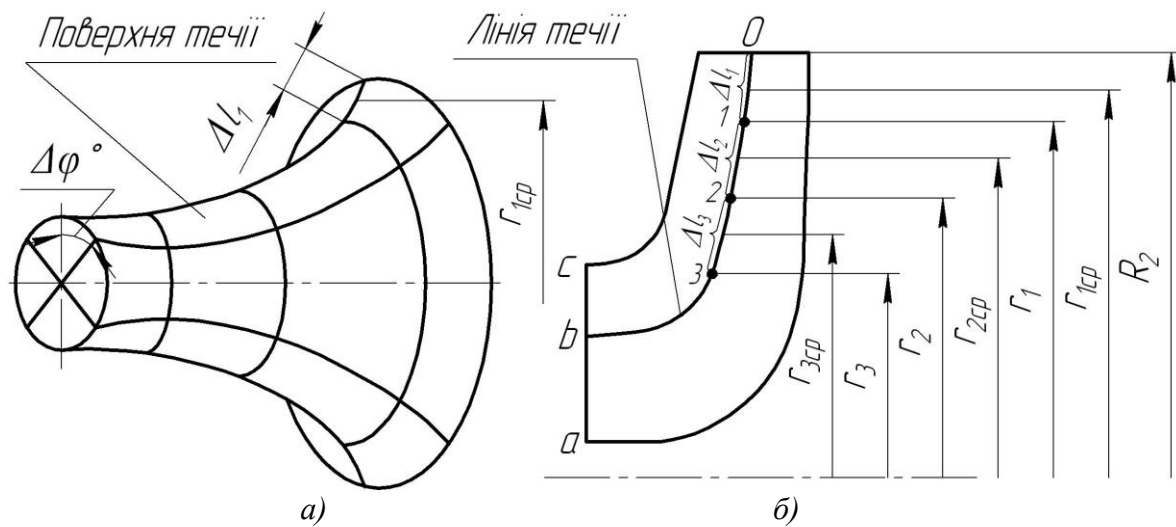


Рисунок 10 – Розбивка ліній течії

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 . При розрахунку відрізків Δl можна застосувати метод послідовного наближення. У першому наближенні довжину відрізка можна визначити з виразу

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

де $r'_{1cp} = R_2$.

Відкладають відрізок $\Delta l'_1$ від вихідної точки 0 вздовж лінії течії у бік входу, потім знаходять середину відрізка $\Delta l'_1$ та з креслення визначають уточнену відстань r''_{1cp} від осі робочого колеса до середини відрізка $\Delta l'_1$. Обчислюють уточнене значення довжини відрізка (друге наближення)

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

Якщо величина $\Delta l''_1$ відрізняється від $\Delta l'_1$ більш ніж на 5%, то аналогічно виконується наступне наближення. Як правило, досить двох-трьох наближень. Уточнену величину Δl_1 відкладають від вихідної точки 0 вздовж відповідної лінії течії у бік входу. Отримують точку 1, яка є перетином кола паралелі з лінією течії. Аналогічно визначається наступний відрізок Δl_2 , лише за вихідну точку береться отримана точка 1. При цьому у першому наближенні беремо $r'_{2cp} = r_1$. Таким методом розбивається 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

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

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

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

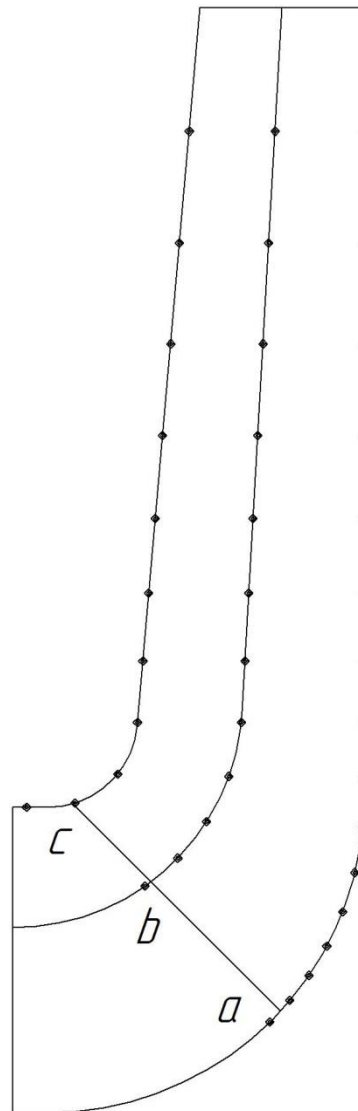
l_{0-i} - загальна довжина даної лінії течії від початкової точки 0 до останньої точки розмітки i .

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° .



Побудова координатної сітки

4.4 Профілювання поверхні лопаті на розгортці циліндра

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		62

Поверхня лопаті на розгортці циліндра профілюється з урахуванням таких рекомендацій:

1. Кут нахилу лопаті β на кожній розрахунковій лінії течії повинен плавно збільшуватися або зменшуватися 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 цьому спрощується технологія виготовлення та контролю виконання вхідних кромки лопатей колеса.

Якщо від відцентрового насоса вимагаються підвищені кавітаційні властивості, то його лопаті необхідно продовжити у бік входу і у цьому випадку вхідну кромку можна розмістити нахилено, тобто не в одній меридіанній площині (на рис. 11 – пунктирна лінія).

3. Ділянка поверхні лопаті поблизу виходу з робочого колеса повинна мати 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).

$$t = \frac{2\pi R_{к.ц.}}{z}$$

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

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

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

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

Порядок профілювання поверхні лопаті на розгортці циліндра такий (див. рис. 11):

- через точку I координатної сітки проводять промінь під кутом β_2 ;
- на відстані $\delta \geq \frac{1}{2}t$ від точки I проводять меридіан (пунктирна лінія), яка перетинає промінь у точці n_L ;
- з урахуванням вибору кута охоплення лопаті та положення вхідної кромки намічають меридіан $i-i$;
- паралелі точок a, b, c для кожної лінії течії визначають у відповідності до розміщення вхідної кромки у меридіанному перерізі. Перенесення точок вхідної кромки (a, b, c) на конформну діаграму здійснюється за допомогою перехідного графіка або за допомогою властивостей конформного відображення (див. рис. 19) за залежністю

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

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

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

y_i - відповідна відстань на лінії течії.

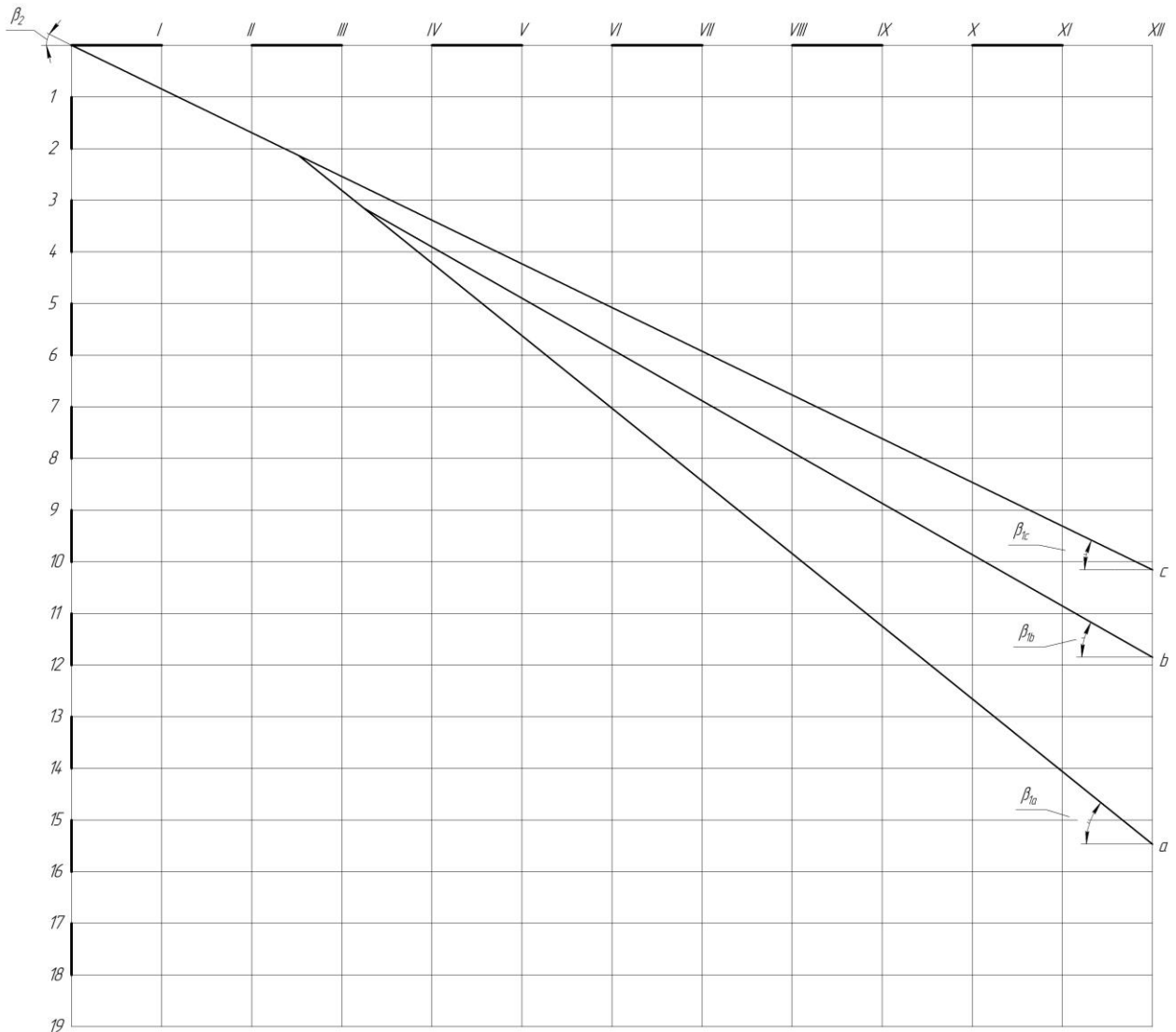


Рисунок 11 – Профілювання поверхні лопаті на розгортці циліндра (конформна діаграма)

Через точки a , b , c проводимо промені під кутами β_{1a} , β_{1b} , β_{1c} до перетину променя, проведеного під кутом β_2 у точках, що лежать нижче від точки n_{II} .

Для точки a :

$$U_{1a} = \frac{\pi D_{1a} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,0826 \cdot 1500}{60} = 6,49$$

$$\beta_{1Pa} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1} = \arctg \frac{4,69}{6,49} = 35,86^\circ$$

$$\beta_{1a} = 35,86 + 3 = 38,86^\circ$$

Для точки b :

$$U_{1b} = \frac{\pi D_{1b} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,119 \cdot 1500}{60} = 9,35$$

					Лист
					62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	

$$\beta_{1pb} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1} = \arctg \frac{4,69}{9,35} = 26,64^\circ$$

$$\beta_{1b} = 26,64 + 3 = 29,64^\circ$$

Для точки *c*:

$$U_{1c} = \frac{\pi D_{1c} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,1409 \cdot 1500}{60} = 11,07$$

$$\beta_{1pc} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1} = \arctg \frac{4,69}{11,07} = 22,96^\circ$$

$$\beta_{1c} = 22,96 + 3 = 25,96^\circ$$

4.5 Побудова меридіанних перерізів поверхні лопаті на меридіанній проекції робочого колеса

Меридіанними перерізами називаються лінії перерізу поверхні лопаті з площинами, що проходять через вісь робочого колеса. Меридіанні перерізи виконуються для контролю плавності профільованої поверхні лопаті та подальшого проектування робочого колеса.

Побудова меридіанних перерізів поверхні лопаті на меридіанній проекції здійснюється на основі конформної діаграми.

На лінії течії меридіанного перерізу переносяться відповідні точки з конформної діаграми (рис. 19) для кожної лінії течії окремо за допомогою співвідношення

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

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

y_i - відповідні відстань на лінії течії меридіанного перерізу.

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

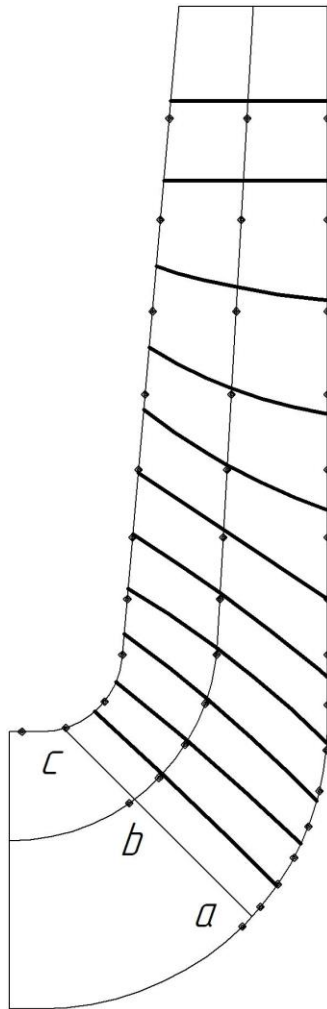


Рисунок 19 – Побудова меридіанних перерізів робочої поверхні лопаті

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

4.6 Побудова лопаті у плані

Проекцію лопаті на площину, перпендикулярну до осі обертання робочого колеса, називають планом лопаті (див. рис. 20).

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		62

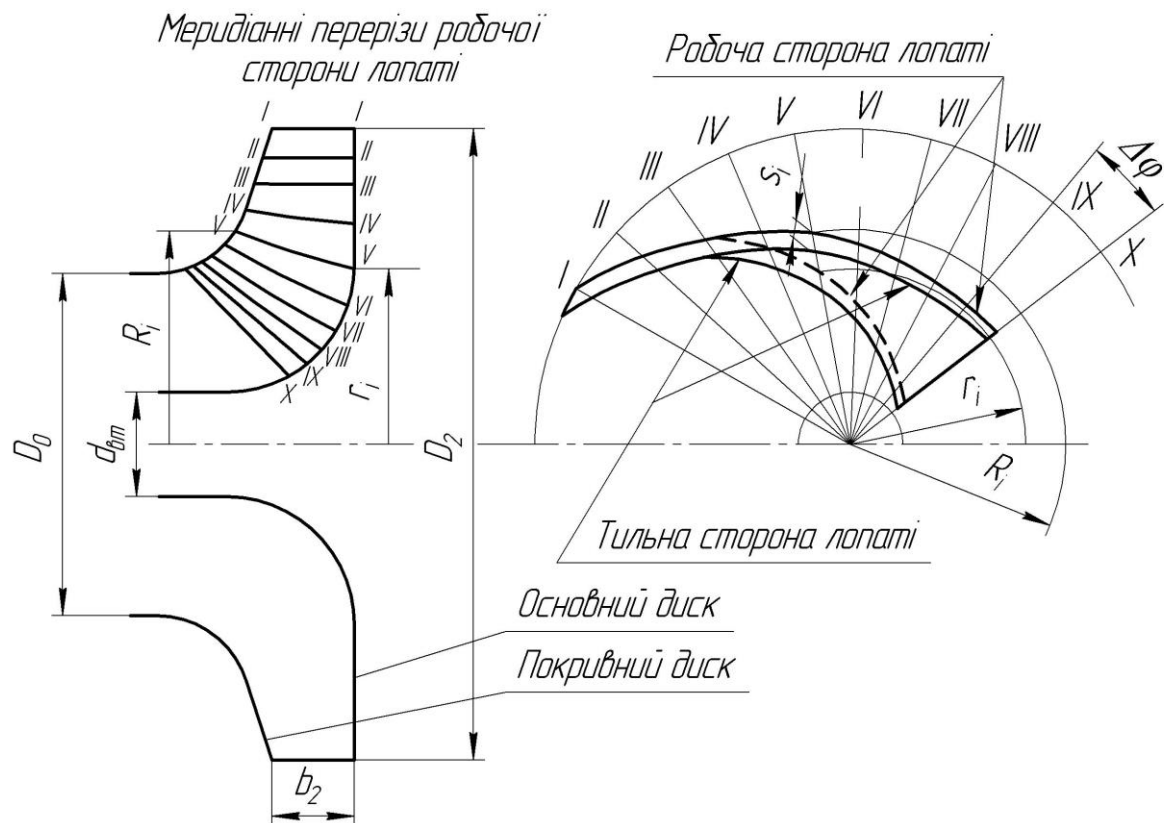


Рисунок 20 – Побудова лопаті у плані

Для побудови лопаті у плані креслять два кола діаметрами D_2 та $d_{от}$, потім проводять у вигляді радіальних променів меридіани $I, II, III...$ тощо з кутовим кроком $\Delta\phi$. Нумерація меридіанів повинна зростати у бік обертання колеса.

На меридіанній проекції вимірюють відстані R_i та r_i від осі робочого колеса до точок перетину меридіанних перерізів з лініями течії на основному та покривному дисках і переносять ці відстані на план. Отримані точки з'єднують плавними кривими, отримуючи таким чином робочі сторони лопаті по основному та покривному дисках. Потім на плані відкладають нормальні товщини лопаті s_i та будують тильну сторону лопаті. Вхідна кромка утворюється радіальною прямою.

5 ВИКОНАННЯ РОБОЧОГО КРЕСЛЕННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА

Кінцевий результат профілювання лопатей – робоче креслення, за яким виготовляються лопаті. Робоче креслення виконується на основі отриманих креслень меридіанної проекції та плану робочого колеса.

На окремому аркуші креслять меридіанний переріз робочого колеса, зазначаючи розміри. На нього переносять отримані раніше меридіанні перерізи робочої поверхні лопаті. Зазначаються координати цих перерізів (проставляються координати кожного окремого перерізу або зводяться до таблиці). Якщо меридіанний переріз лопаті прямолінійний, досить зазначити лише його координати на крайніх лініях течії (дисках робочого колеса).

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Для криволінійного перерізу вводиться додатковий розмір – радіус кривизни.

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

Поряд з меридіанними перерізами креслять 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.

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

6 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ СПІРАЛЬНОГО ВІДВОДУ З ТАНГЕНЦІАЛЬНИМ ВИХОДОМ

6.1 Конструктивні особливості спірального відводу

Спіральний відвід (див. рис. 1.1) являє собою камеру змінного перерізу (власне спіраль), розміщену навколо робочого колеса, що закінчується розбіжним напірним патрубком (дифузором).

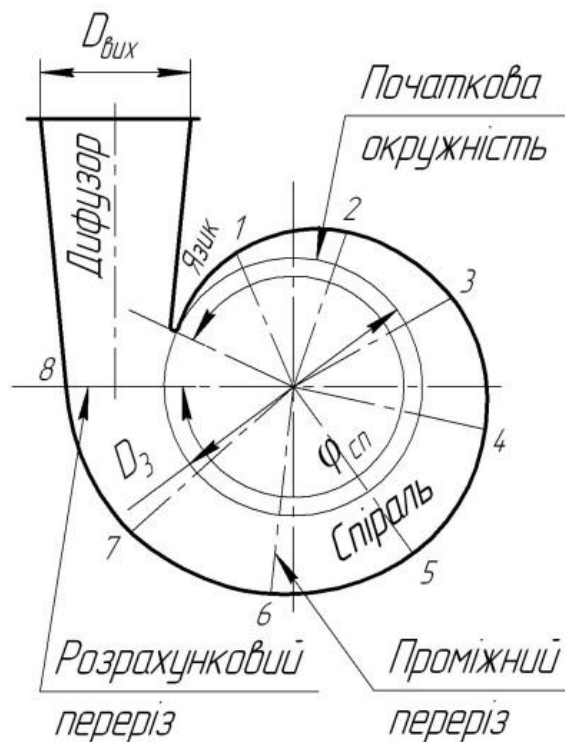


Рисунок 1.1 – Схема спірального відводу з тангенціальним виходом

Збільшення розмірів радіальних перерізів відбувається в напрямку обертання робочого колеса, починаючи від язика, де площа перерізу дорівнює нулю, до вихідного (розрахункового) перерізу.

Розміри й форму спіральної частини відводу характеризують такі величини (див. рис. 1.1 та 1.2).

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

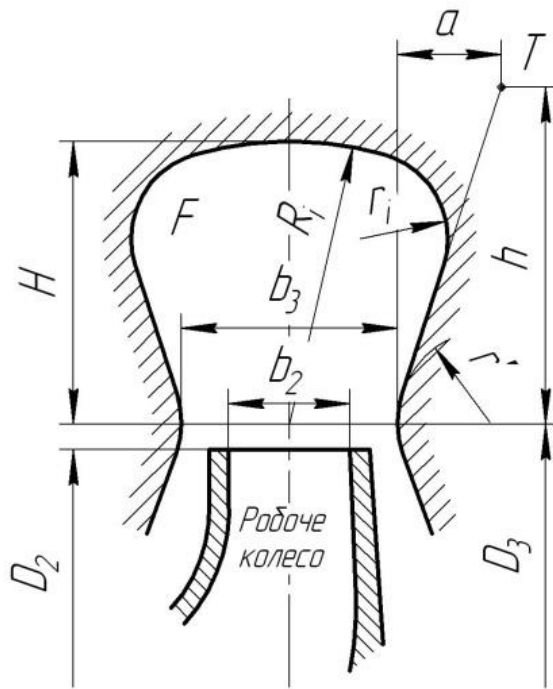


Рисунок 1.2 – Схема перерізу спіральної камери

На рисунках D_3 – діаметр початкової окружності; b_3 – ширина входу у відвід; ϕ_{en} – кут обхвату спіральної камери.

Величини D_3 і b_3 визначаються залежно від розмірів робочого колеса, коефіцієнта швидкохідності n_s і конструктивного виконання насоса.

Під час руху рідини усередині спірального відвода від початкового перерізу до вихідного її витрата зростає пропорційно куту ϕ . При цьому витрату рідини через проміжний переріз можна оцінити математично:

$$Q_\phi = \frac{Q}{360} \cdot \phi^\circ$$

Витрата в спіральному відводі буде збільшуватися аж до вихідного перерізу, де вона дорівнюватиме подачі насоса $Q_{вих} = Q$.

Тому розрахунок спірального відвода зводиться до визначення площі вихідного (розрахункового) перерізу спіралі, через який буде забезпечена подача насоса Q .

Вихідними даними для розрахунку є: подача насоса Q , напір H , частота обертання n , коефіцієнт швидкохідності n_s , момент швидкості на виході з робочого колеса K_2 , зовнішній діаметр робочого колеса D_2 , ширина робочого колеса на виході b_2 , гідравлічний ККД η_z .

Значення n_s , D_2 , b_2 , η_z визначають при розрахунку робочого колеса.

$Q = 300$ м³/год;

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$H = 45, \text{ м};$
 $n = 1500, \text{ об/хв};$
 $n_s = 91$
 $D_2 = 0,365 \text{ м};$
 $b_2 = 0,023 \text{ м};$
 $\eta_r = 0,899;$

6.2 Розрахунок і проектування спіральної камери

6.2.1 Визначення діаметра початкової окружності

Діаметр початкової окружності D_3 рекомендують вибирати з умови мінімальних гідравлічних втрат у зазорі між робочим колесом і відводом і мінімальною віброактивністю насоса. Цю умову задовольняє такий вираз для D_3 , м:

$$D_3 = 2R_3 = 2(1,03 - 1,05)R_2 = (1,03 - 1,05)0,365 = 0,376 - 0,383 \text{ мм}$$

Приймаємо

$$D_3 = 0,380 \text{ мм}$$

6.2.2 Визначення ширини входу в спіраль

Ширину b_3 вибирають залежно від ширини b_2 і діаметра D_2 на виході лопатевого колеса:

$$b_3 \approx b_2 + 0,05D_2 = 23 + 0,05 \cdot 365 = 42 \text{ мм}$$

6.2.3 Вибір кута нахилу бічних стінок спіралі

Нахил бічних стінок може задаватися відношенням a/h або кутом γ (див. рис. 2.4).

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

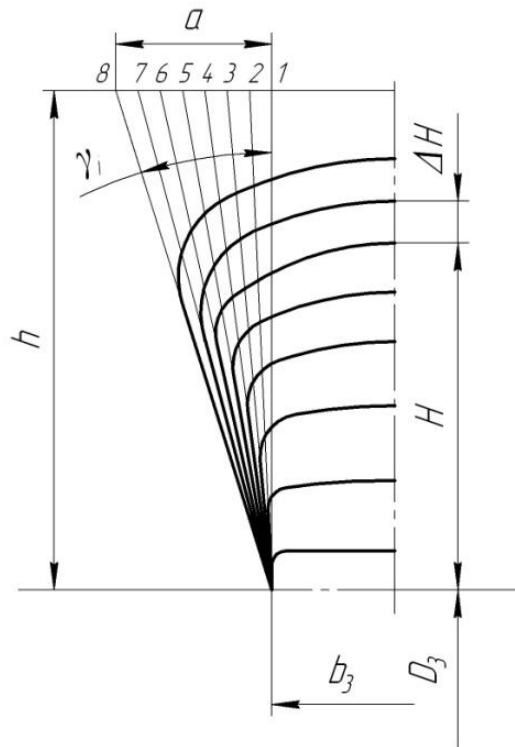


Рисунок 1.4 – Нахил бічних стінок спірального відводу

Кут нахилу бічних стінок можна задати, знаючи коефіцієнт швидкохідності. Так, для $n_s = 50-60$ $\gamma = 10-16^\circ$ ($a/h = 0,18-0,3$), а для $n_s > 80$ $\gamma = 14-22^\circ$ ($a/h = 0,25-0,4$).

Приймаємо $\gamma = 16^\circ$

При $n_s > 80$ кут γ рекомендується поступово зменшувати, переходячи від розрахункового перерізу до нульового. При цьому ширина спіралі a ділиться на рівні відрізки (див. рис. 2.4), кількість яких відповідає кількості перерізів спіралі (як правило, будується 8, 12 або 16 перерізів, але частіше – 8).

6.2.4 Визначення кута обхвату спіралі в плані

Кут обхвату спіралі $\phi_{сп}$ (див. рис. 2.5) залежить від коефіцієнта швидкохідності n_s .

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		62

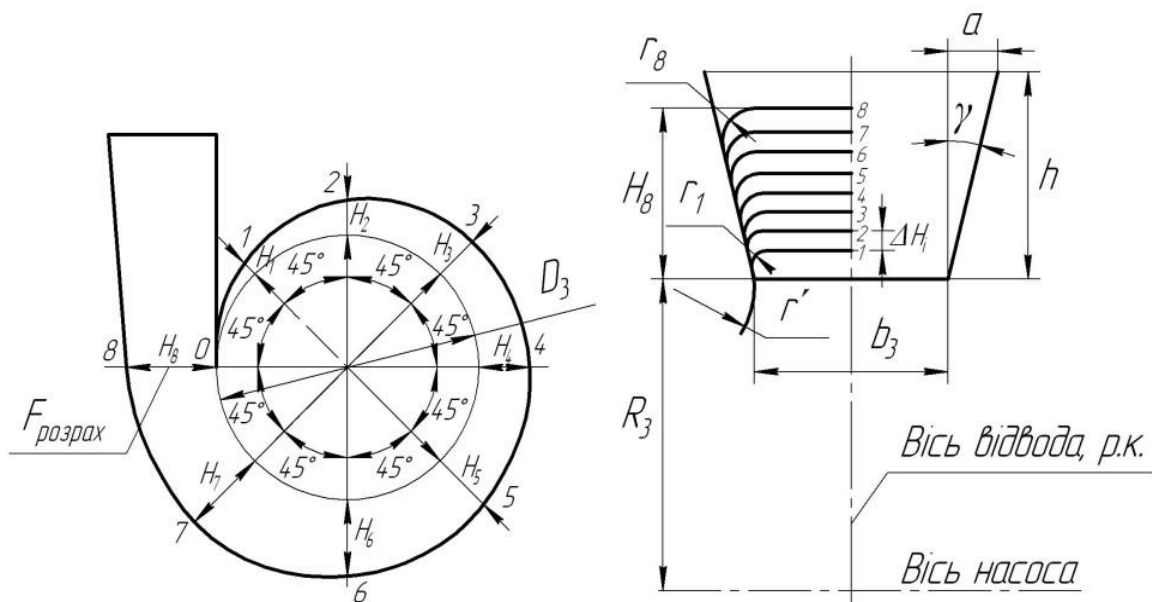


Рисунок 1.5 – План спірального відвода (а) і меридіанний переріз відвода (спіралі) (б)

Приймаємо $\varphi_{cn} = 360^\circ$.

6.2.5 Визначення пропускної здатності спіралі у вихідному перерізі

Пропускна здатність спіралі $A_{cn.розрах}$, м, у вихідному перерізі визначається за формулою

$$A_{cn.розрах} = \frac{\varphi_{cn}}{360} \cdot \frac{\pi \eta_z n Q}{30 g H} = \frac{360}{360} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,899 \cdot 1500 \cdot 300}{30 \cdot 9,81 \cdot 45} = 95,9.$$

6.2.6 Визначення площі розрахункового перерізу

Існує зв'язок між розмірами перерізу спіралі та витратою рідини через цей переріз, який можна описати, використовуючи основне рівняння спіральної камери:

$$Q_i = K_2 \int_{R_3}^{r_i} \frac{b}{r} dr.$$

У цьому рівнянні добуток $b \cdot dr = dS$ – елементарна площадка, виділена в розрахунковому перерізі. Тоді впливає, що площа розрахункового перерізу $S_{розрах}$ безпосередньо пов'язана з витратою рідини через цей переріз. Тому, зробивши послідовне інтегрування через елементарні площадки, можна визначити повну витрату рідини через розрахунковий переріз. Іншими словами, повна витрата рідини через розрахунковий переріз визначається підсумовуванням витрат через елементарні площадки цього перерізу:

$$Q_{розрах} = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i.$$

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Для визначення площі розрахункового перерізу може бути використаний графоаналітичний метод, за яким розрахункова площа розбивається на n елементарних площадок ΔS_i однакової висоти Δr (див. рис. 2.6). Для більш точного розрахунку Δr краще брати якнайменшим (як правило, беруть $\Delta r = 1$ мм). Далі визначається витрата рідини через площадки, отримані витрати підсумовуються. При цьому постійно проводиться порівняння сумарної витрати з подачею насоса. Розрахунок проводиться доти, поки сумарна витрата не перевищить значення подачі насоса ($Q_{\text{розрах}} \approx 1,05Q$). Розрахунок при цьому зручно виконувати в табличній формі (див. табл. 2).

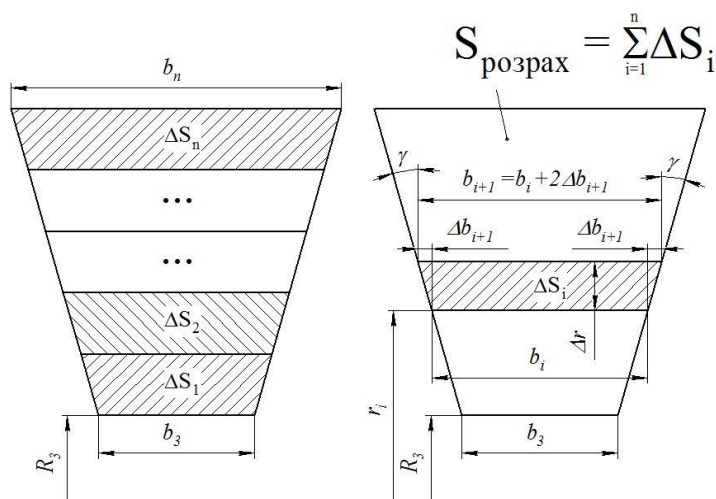


Рисунок 1.6 – Схема визначення площі розрахункового перерізу спіралі й основних розмірів елементарних площадок цього перерізу

У табл. 2 ширину проміжних перерізів b_{i+1} (див. рис. 2.6) можна визначити за формулою

$$b_{i+1} = b_i + 2\Delta b_{i+1} = b_i + 2 \cdot \Delta r \cdot \operatorname{tg}(\gamma).$$

Момент швидкості K_2 , м²/с, на виході з робочого колеса для насосів типу К і В визначається так:

$$K_2 = V_{u_2} \cdot R_2 = \frac{g \cdot H_m}{\omega},$$

де V_{u_2} – окружна складова абсолютної швидкості потоку на виході з робочого колеса, м/с;

R_2 – зовнішній радіус робочого колеса, м;

$H_m = \frac{H}{\eta_2}$ – теоретичний напір, м;

					Лист
					62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	

$g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння;

$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ – кутова швидкість обертання робочого колеса, с⁻¹.

Тоді

$$K_2 = \frac{30g \cdot H_m}{\pi n} = \frac{30 \cdot 9,81 \cdot 50,6}{3,14 \cdot 1500} = 3,16 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Витрата ΔQ_i , м³/с, через елементарну площадку визначається за формулою

$$\Delta Q_i = K_2 \cdot \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \cdot \Delta r \cdot \frac{360}{\phi_{сн}}.$$

Таблиця 2 – Визначення площі розрахункового перерізу

№	Δr , м	r_i , м	b_i , м	$B_i = b_i/r_i$	$(B_i + B_{i+1})/2$	$K_2 \cdot \Delta r \cdot (B_i + B_{i+1})/2$	ΔQ_i	$\Sigma \Delta Q_i$
1	0.001	0.19	0.042	0.221				
2	0.001	0.191	0.043	0.225	0.223	0.000705	0.000705	0.000705
3	0.001	0.192	0.044	0.229	0.227	0.000717	0.000717	0.001422
4	0.001	0.193	0.045	0.233	0.231	0.00073	0.00073	0.002152
5	0.001	0.194	0.046	0.237	0.235	0.000743	0.000743	0.002895
6	0.001	0.195	0.047	0.241	0.239	0.000755	0.000755	0.00365
7	0.001	0.196	0.048	0.245	0.243	0.000768	0.000768	0.004418
8	0.001	0.197	0.049	0.249	0.247	0.000781	0.000781	0.005199
9	0.001	0.198	0.05	0.253	0.251	0.000793	0.000793	0.005992
10	0.001	0.199	0.051	0.256	0.2545	0.000804	0.000804	0.006796
11	0.001	0.2	0.052	0.26	0.258	0.000815	0.000815	0.007611
12	0.001	0.201	0.053	0.264	0.262	0.000828	0.000828	0.008439
13	0.001	0.202	0.054	0.267	0.2655	0.000839	0.000839	0.009278
14	0.001	0.203	0.055	0.271	0.269	0.00085	0.00085	0.010128
15	0.001	0.204	0.056	0.275	0.273	0.000863	0.000863	0.010991
16	0.001	0.205	0.057	0.278	0.2765	0.000874	0.000874	0.011865
17	0.001	0.206	0.058	0.282	0.28	0.000885	0.000885	0.01275
18	0.001	0.207	0.059	0.285	0.2835	0.000896	0.000896	0.013646
19	0.001	0.208	0.06	0.288	0.2865	0.000905	0.000905	0.014551
20	0.001	0.209	0.061	0.292	0.29	0.000916	0.000916	0.015467
21	0.001	0.21	0.062	0.295	0.2935	0.000927	0.000927	0.016394
22	0.001	0.211	0.063	0.299	0.297	0.000939	0.000939	0.017333
23	0.001	0.212	0.064	0.302	0.3005	0.00095	0.00095	0.018283
24	0.001	0.213	0.065	0.305	0.3035	0.000959	0.000959	0.019242
25	0.001	0.214	0.066	0.308	0.3065	0.000969	0.000969	0.020211
26	0.001	0.215	0.067	0.312	0.31	0.00098	0.00098	0.021191
27	0.001	0.216	0.068	0.315	0.3135	0.000991	0.000991	0.022182
28	0.001	0.217	0.069	0.318	0.3165	0.001	0.001	0.023182
29	0.001	0.218	0.07	0.321	0.3195	0.00101	0.00101	0.024192
30	0.001	0.219	0.071	0.324	0.3225	0.001019	0.001019	0.025211
31	0.001	0.22	0.072	0.327	0.3255	0.001029	0.001029	0.02624

Лист

63

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

32	0.001	0.221	0.073	0.33	0.3285	0.001038	0.001038	0.027278
33	0.001	0.222	0.074	0.333	0.3315	0.001048	0.001048	0.028326
34	0.001	0.223	0.075	0.336	0.3345	0.001057	0.001057	0.029383
35	0.001	0.224	0.076	0.339	0.3375	0.001067	0.001067	0.03045
36	0.001	0.225	0.077	0.342	0.3405	0.001076	0.001076	0.031526
37	0.001	0.226	0.078	0.345	0.3435	0.001085	0.001085	0.032611
38	0.001	0.227	0.079	0.348	0.3465	0.001095	0.001095	0.033706
39	0.001	0.228	0.08	0.351	0.3495	0.001104	0.001104	0.03481
40	0.001	0.229	0.081	0.354	0.3525	0.001114	0.001114	0.035924
41	0.001	0.23	0.082	0.357	0.3555	0.001123	0.001123	0.037047
42	0.001	0.231	0.083	0.359	0.358	0.001131	0.001131	0.038178
43	0.001	0.232	0.084	0.362	0.3605	0.001139	0.001139	0.039317
44	0.001	0.233	0.085	0.365	0.3635	0.001149	0.001149	0.040466
45	0.001	0.234	0.086	0.368	0.3665	0.001158	0.001158	0.041624
46	0.001	0.235	0.087	0.37	0.369	0.001166	0.001166	0.04279
47	0.001	0.236	0.088	0.373	0.3715	0.001174	0.001174	0.043964
48	0.001	0.237	0.089	0.376	0.3745	0.001183	0.001183	0.045147
49	0.001	0.238	0.09	0.378	0.377	0.001191	0.001191	0.046338
50	0.001	0.239	0.091	0.381	0.3795	0.001199	0.001199	0.047537
51	0.001	0.24	0.092	0.383	0.382	0.001207	0.001207	0.048744
52	0.001	0.241	0.093	0.386	0.3845	0.001215	0.001215	0.049959
53	0.001	0.242	0.094	0.388	0.387	0.001223	0.001223	0.051182
54	0.001	0.243	0.095	0.391	0.3895	0.001231	0.001231	0.052413
55	0.001	0.244	0.096	0.393	0.392	0.001239	0.001239	0.053652
55	0.001	0.245	0.097	0.396	0.3945	0.001247	0.001247	0.054899
55	0.001	0.246	0.098	0.398	0.397	0.001255	0.001255	0.056154
55	0.001	0.247	0.099	0.401	0.3995	0.001262	0.001262	0.057416
55	0.001	0.248	0.1	0.403	0.402	0.00127	0.00127	0.058686
55	0.001	0.249	0.101	0.406	0.4045	0.001278	0.001278	0.059964
55	0.001	0.25	0.102	0.408	0.407	0.001286	0.001286	0.06125
55	0.001	0.251	0.103	0.41	0.409	0.001292	0.001292	0.062542
55	0.001	0.252	0.104	0.413	0.4115	0.0013	0.0013	0.063842
55	0.001	0.253	0.105	0.415	0.414	0.001308	0.001308	0.06515
55	0.001	0.254	0.106	0.417	0.416	0.001315	0.001315	0.066465
55	0.001	0.255	0.107	0.42	0.4185	0.001322	0.001322	0.067787
55	0.001	0.256	0.108	0.422	0.421	0.00133	0.00133	0.069117
55	0.001	0.257	0.109	0.424	0.423	0.001337	0.001337	0.070454
55	0.001	0.258	0.11	0.426	0.425	0.001343	0.001343	0.071797
55	0.001	0.259	0.111	0.429	0.4275	0.001351	0.001351	0.073148
55	0.001	0.26	0.112	0.431	0.43	0.001359	0.001359	0.074507
55	0.001	0.261	0.113	0.433	0.432	0.001365	0.001365	0.075872
55	0.001	0.262	0.114	0.435	0.434	0.001371	0.001371	0.077243
55	0.001	0.263	0.115	0.437	0.436	0.001378	0.001378	0.078621
55	0.001	0.264	0.116	0.439	0.438	0.001384	0.001384	0.080005
55	0.001	0.265	0.117	0.442	0.4405	0.001392	0.001392	0.081397
55	0.001	0.266	0.118	0.444	0.443	0.0014	0.0014	0.082797
55	0.001	0.267	0.119	0.446	0.445	0.001406	0.001406	0.084203

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

За табличними даними будується графік $Q = f(r)$, який сполучається з меридіанним перерізом спіралі. На рис. 2.7 показаний приклад побудови розрахункового й проміжного перерізів. На прикладі побудова проводиться для спіралі з 8 перерізами. Тобто $Q_{\text{розрах}} = Q_8$. Для 12 й 16 перерізів підхід до побудови точно такий самий, тільки розрахункові перерізи будуть відповідати 12 й 16 перерізам. По осі Q відкладається $Q = Q_{\text{розрах}}$. Йому відповідає розмір H'_8 (для 8-го перерізу спіралі), що обмежить площу трапеції, яка відповідає площі розрахункового перерізу. Гострі кути трапеції скругляються радіусом R_8 за умови забезпечення рівності статичних моментів площ F_x і F_y :

$$F_x \cdot r_x = F_y \cdot r_y,$$

де r_x і r_y – радіуси розміщення центрів ваги площ F_x і F_y .

Після чого визначають дійсну висоту розрахункового перерізу H_8 . Вона буде більшою, ніж H'_8 .

При цьому висота трапеції збільшиться до величини H_8 .

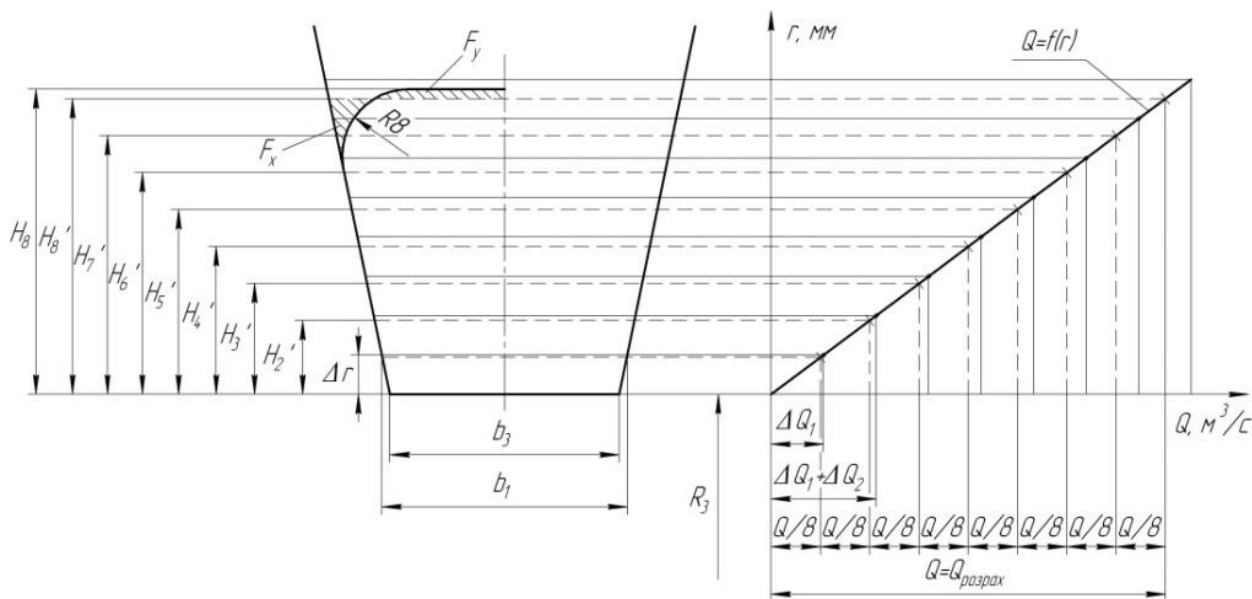


Рисунок 1.7 – Визначення розмірів розрахункового восьмого ($F_{\text{розрах}} = F_8$) і проміжних ($F_1 - F_7$) перерізів

6.2.7 Перевірка правильності визначення площі розрахункового перерізу $F_{\text{розрах}}$

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Перед побудовою проміжних перерізів спіралі необхідно переконатися в правильності визначення $F_{розрах}$. Для цього будується площа $F_{пр}$ (див. рис. 2.8).

Методика побудови $F_{пр}$ така: меридіанний переріз розсікається кількома паралельними прямими $x-x$, паралельними осі насоса, а через точки їхнього перетинання з контуром перерізу і довільну точку O на осі обертання колеса проводять прямі $x-O$. Далі проводять пряму $P-P$ на довільній полюсній відстані ρ від осі насоса (часто для спрощення беруть $\rho = D_3/2$) й опускають перпендикуляри із точок перетинання прямих $P-P$ і $x-O$ на відповідні лінії $x-x$. Отримана таким чином система точок утворить контур наведеного перерізу (пунктирна лінія на рис. 2.8). Критерієм правильності визначення $F_{розрах}$ є умова

$$A_{сп. розрах} \approx A_{сп. граф},$$

$$\text{де } A_{сп. граф} = F_{пр} / \rho.$$

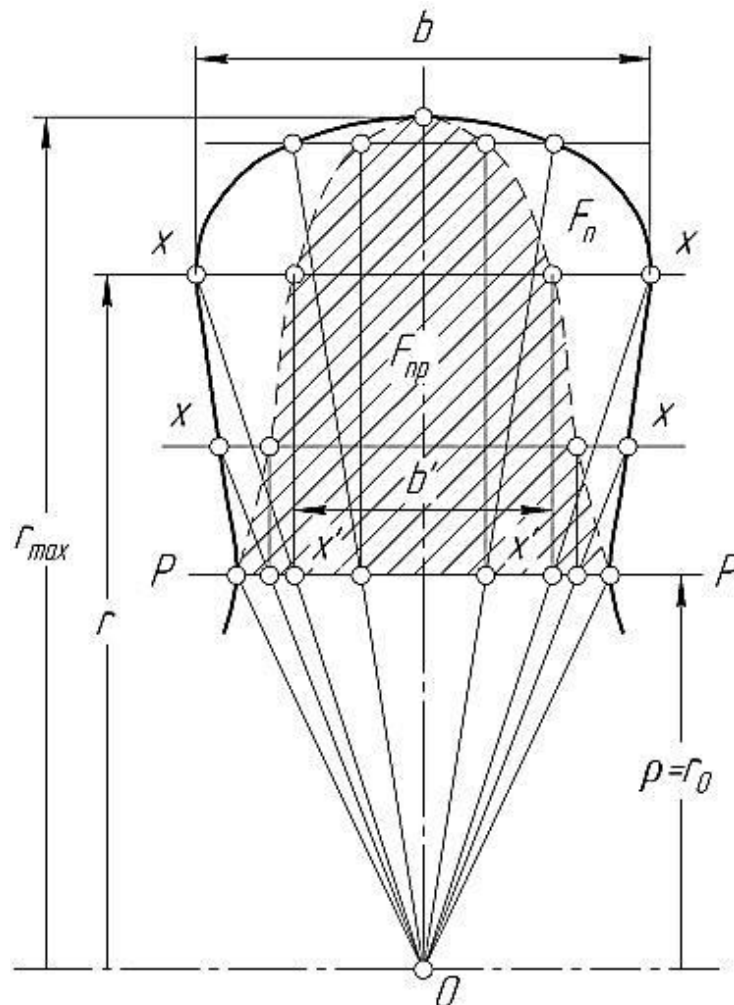


Рисунок 1.8 – Перевірка правильності визначення $F_{розрах}$

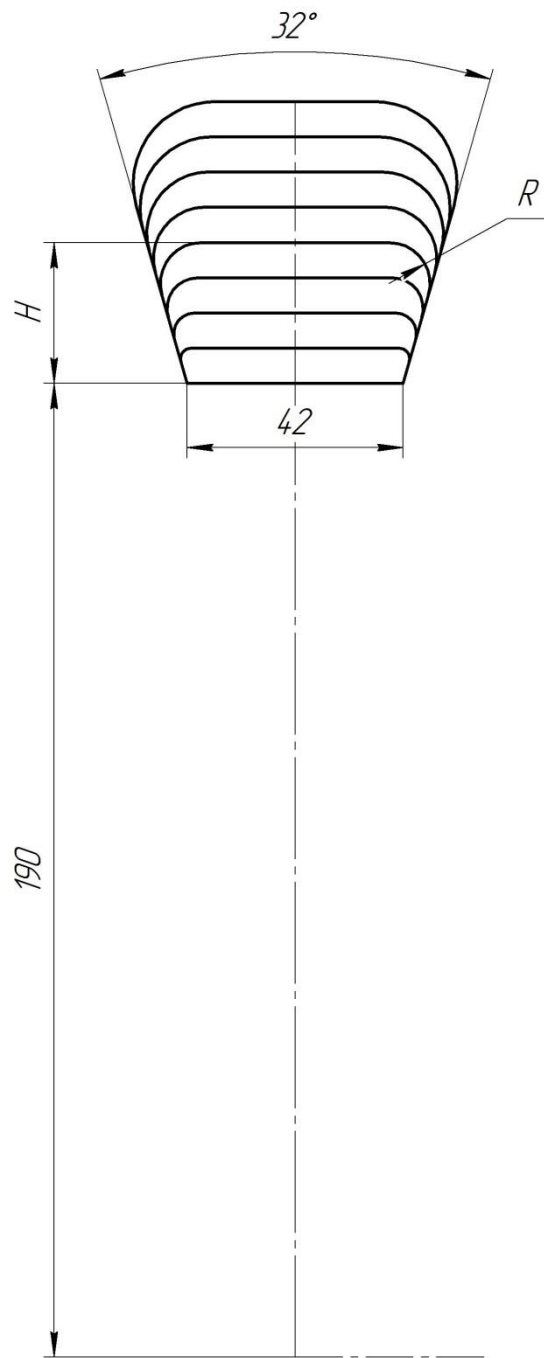
						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		62

$$A_{\text{сп.граф}} = \frac{13,165}{0,138} = 95,4 \approx A_{\text{сп.розрах}} = 95,9$$

Умова виконується

6.2.8 Визначення площ проміжних перерізів.

Після побудови розрахункового перерізу переходять до побудови проміжних перерізів. Для цього на графіку $Q = f(r)$ розбивають $Q_{\text{розрах}}$ на рівні частини, кількість яких відповідає кількості перерізів спіралі. Аналогічно побудові розрахункового перерізу визначають розміри проміжних $H'_1 - H'_7$. Гострі кути скругляються радіусами $r'_1 - r'_7$ і визначаються дійсні розміри $H_1 - H_7$.



Побудова проміжних перерізів

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

6.2.9 Побудова плану спіралі

План спіралі будується в такій послідовності:

- від початкової окружності діаметром D_3 у перерізах (після їхньої розмітки) відкладають відповідні висоти $H_1 - H_8$ (див. рис. 2.5);

- отримані точки з'єднують дугами різних радіусів (три-чотири радіуси). Радіуси повинні плавно зростати в міру видалення від язика. Дуга кожного радіуса повинна без перегинів сполучатися з дугою наступного. Це визначається умовою, зображеною на рис. 2.9, і полягає в тому, що точка сполучення двох сусідніх дуг і центри їхніх радіусів повинні лежати на одній прямій. Побудова починається від язика. Точки сполучення дуг фіксуються відносно точок 1, 2 і т. д. радіусами m_1, m_2 і т. д.

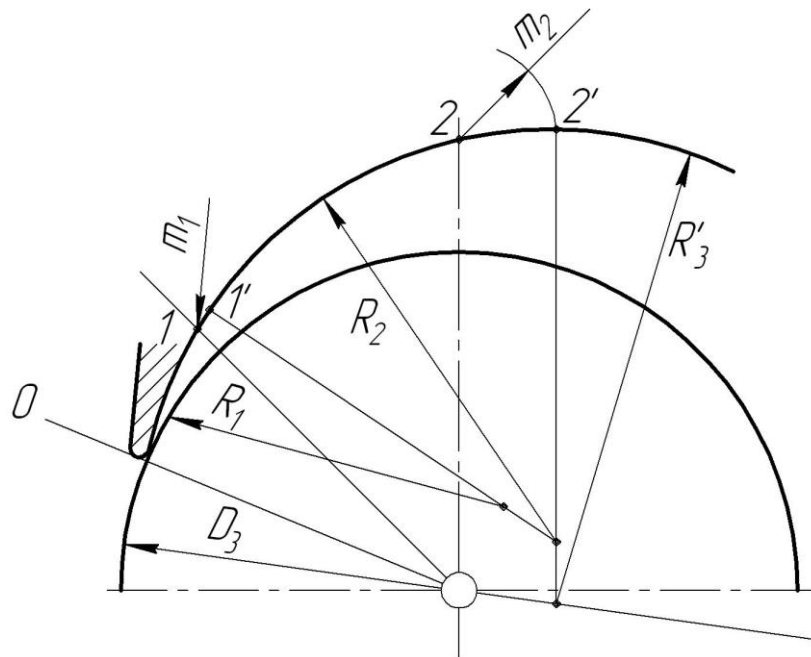


Рисунок 1.9 – Побудова контуру спіралі

6.3 Розрахунок і проектування дифузорної ділянки

Дифузорна ділянка (див. рис. 2.1, 2.10) починається від розрахункового перерізу 8 і закінчується окружністю напірного патрубку діаметром $D_{вих}$.

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	62

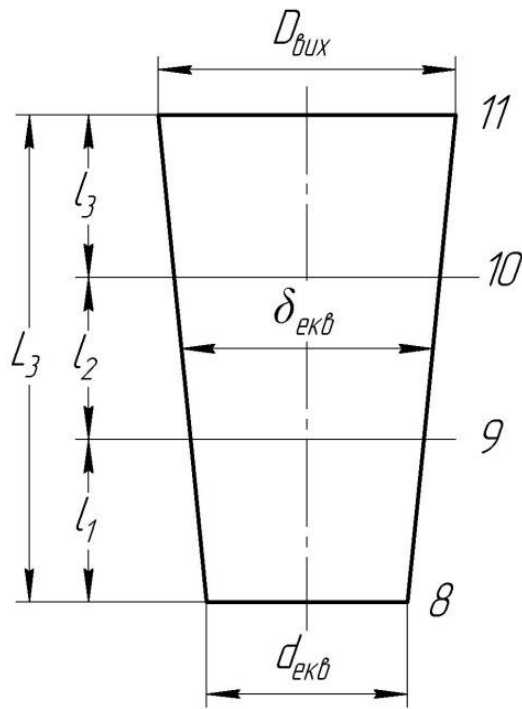


Рисунок 1.10 – Основні розміри дифузорної ділянки

Середня швидкість на виході з насоса ($V_{вих}$) повинна лежати в межах від 2 до 8 м/с.

Діаметр напірного патрубку визначається з умови нерозривності потоку з урахуванням рекомендацій попереднього пункту за формулою

$$D_{вих} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V_{вих}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 300}{3,14 \cdot 1500 \cdot 4}} = 0,121 \text{ м.}$$

Після розрахунку $D_{вих}$ його значення повинне бути скореговане відповідно до такого ряду: 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400 мм і т. д.;

Приймаємо $D_{вих} = 125$ мм.

Довжина дифузора L і кут його конусності з умови мінімальних гідравлічних втрат:

$$\varepsilon_{opt} = 2 \arctg \left(\frac{D_{вих} - d_{екв}}{2L} \right),$$

де $\varepsilon_{opt} = 8 - 10^\circ$ – оптимальний кут конусності дифузора;

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$d_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{розрах}}}{\pi}} \quad - \text{еквівалентний діаметр розрахункового перерізу.}$$

Тоді

$$d_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7100}{\pi}} = 95,08 \text{ мм.}$$

Приймаємо $L = 160$ мм.

$$\varepsilon_{\text{онт}} = 2 \arctg \left(\frac{125 - 95,08}{2 \cdot 240} \right) = 9,8^\circ - \text{умова виконується.}$$

Для виготовлення моделі корпусу необхідно задати, щонайменше, два проміжних перерізи дифузора (див. рис. 2.10, 2.11). Сполучаємо окружність діаметром $D_{\text{вих}}$ і нижню основу дифузора таким чином, щоб центр окружності збігався із серединою висот нижньої основи (див. рис. 2.11);

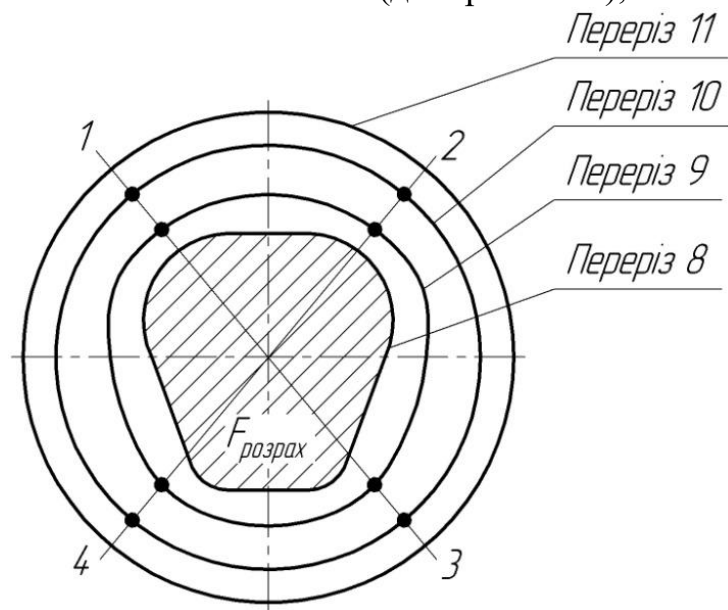


Рисунок 1.11 – Схема побудови проміжних перерізів дифузора

Довільно проводимо промені 1, 2, 3 і т. д. і ділимо відрізки цих променів між контурами основ конуса (між перетинами 8 й 11) на частини, пропорційні відріzkам l_1 , l_2 і l_3 (див. рис. 2.10, 2.11). Отримані точки з'єднуюємо плавними кривими, які і будуть шуканими перерізами 9–9 й 10–10.

На кресленні відводу дані перерізи позначені необхідними для побудови розмірами.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		62

7 Розрахунок собівартості насосного агрегату

Собівартість продукції – це витрати підприємства на виготовлення та реалізацію товару вираженого в грошовій формі. Собівартість продукції включає в себе вартість сировини, матеріалів, палива та енергії, амортизацію основних фондів, заробітну плату працівників та інші витрати на виробництво необхідної продукції. Собівартість один з важливих якісних показників що характеризує всі сторони діяльності підприємства. Вона відбиває ефективність використання трудових і матеріальних ресурсів на випуск продукції.

7.1 Розраховуємо повну собівартість насосного агрегату.

Витрати на основні матеріали:

$$Z_M = \sum_{i=1}^n C_i \cdot N_i - C_{від}, \quad (7.1)$$

де C_i – оптова ціна i -ої одиниці матеріалу, грн.;

N_i – норма витрати на одиницю виробу i -того матеріалу, кг;

$C_{від}$ – вартість зворотніх реалізованих відходів, грн;

n – число видів матеріалів.

Дані для розрахунку наведені в таблиці 6.1.

Таким чином отримаємо за формулою 6.1:

$$\begin{aligned} Z_M = & 50 \cdot 126,5 + 85 \cdot 9,49 + 85 \cdot 2 + 22 \cdot 30,39 + 85 \cdot 2,78 + 20 \cdot 0,97 + 50 \cdot 3,85 + \\ & + 50 \cdot 0,75 + 50 \cdot 51,15 + 50 \cdot 4,56 \cdot 2 + 50 \cdot 59,73 + 20 \cdot 5,82 + 50 \cdot 0,375 + 25 \cdot 5,78 + \\ & + 25 \cdot 1,44 + 25 \cdot 0,132 + 85 \cdot 0,068 + 50 \cdot 0,46 + 85 \cdot 22,32 + 82 \cdot 0,025 \cdot 2 + 82 \cdot 0,025 + \\ & + 32 \cdot 0,36 \cdot 4 + 25 \cdot 10,2 + 25 \cdot 10,34 + 20 \cdot 56 = 18046,95 \text{ грн.} \end{aligned}$$

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таблиця 7.1 - Матеріали

/п	Деталь	Матеріал	Маса, кг	Кіл., шт	Ціна 1 кг матеріалу, грн.	Сума, грн
.	Корпус	СЧ 20	126,5	1	50	6325
.	Робоче колесо	Сталь 20X13	14	1	85	1120
.	Імпелер	Сталь 20X13	2	1	85	170
.	Вал	Сталь 40X	30,39	1	22	668,71
.	Рубашка	Сталь 20X13	2,78	1	85	235,88
.	Гайка	Сталь 20	0,97	1	20	19,5
.	Стойка	СЧ 20	3,85	1	50	192,5
.	Втулка	СЧ 20	0,75	1	50	37,37
.	Кронштейн	СЧ 20	51,15	1	50	2557,5
0.	Кришка підшипника	СЧ 20	4,56	2	50	116,92
1.	Кришка	СЧ 20	59,73	1	50	2986,5
2.	Обойка	Сталь 20	5,82	1	20	116,4
3.	Штуцер	СЧ 20	0,375	1	50	18,75
4.	Пробка	Ст 3	5,78	1	25	144,6
5.	Фланец нажимний	Ст 3	1,44	1	25	36
6.	Пробка	Ст 3	0,132	1	25	3,3
7.	Кільце	Сталь 20X13	0,068	1	85	5,44
8.	Кільце гідрозатвор	СЧ 20	0,46	1	50	23
9.	Обтікач	20X13	22,32	1	85	1897,2
0.	Прокладка	Пароніт	0,025	2	82	4,1
1.	Прокладка	Пароніт	0,025	1	82	2,05
2.	Вінт керувальний	Сталь 45	0,36	4	32	46,08
3.	Фланець	Ст 3	10,2	1	25	255
4.	Фланець	Ст 3	10,34	1	25	258,5
5.	Муфта	Сталь 20	56	1	20	1120

7.2. Витрати на вироби, що закуповують:

$$Z_{пок} = \sum_{i=1}^n C_{пок.i} \cdot N_{пок.i}, \quad (6.2)$$

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дат		

де $C_{пок.i}$ – оптова ціна і-того типорозміру виробу, що закупаються;

$N_{пок.i}$ – кількість виробів, що закупаються.

Дані для розрахунку наведені в таблиці 5.2

$$Z_{пок} = 1293 \cdot 2 + 17,30 \cdot 1 + 22,40 \cdot 1 + 2,36 \cdot 1 + 250 = 2878 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.2 Витрати, що закупаються

№ п/п	Найменування	Кількість, шт.	Ціна, грн.	Сума, грн
1.	Підшипник кочення 6314 ГОСТ 8338-75	2	1293,00	2586,00
2.	Кільце гумове 400 – 410 – 58	1	17,30	17,30
3.	Кільце гумове 420 – 430 – 58	1	22,40	22,40
4.	Кільце гумове 175 – 180 – 36	1	2,36	2,36
5.	Вироби кріплення	–	–	250

7.3 Транспортні – заготівельні витрати:

$$Z_{тр} = \frac{K_{тр} \cdot (Z_m + Z_{пок})}{100\%}, \quad (6.3)$$

де $K_{тр}$ – відсоток транспортно-заготівельних витрат, %.

Приймаємо $K_{тр} = 4\%$. Тоді:

$$Z_{тр} = \frac{4\% \cdot (18046,95 + 2878,06)}{100\%} = 837 \text{ грн.}$$

7.4 Розрахунок заробітної платні працівників виробництва:

$$C_3 = C_2 \cdot K_{сп} \cdot T_n \cdot K_{пр}, \quad (6.4)$$

де C_2 – годинна тарифна ставка першого розряду робочих відрядників з нормальними умовами праці. Визначається за даними заводу-виробника.

Приймаємо $C_2 = 18,63$ грн/год.

$K_{сп}$ – тарифний коефіцієнт, що відповідає середньому розряду робіт.

Приймаємо $K_{сп} = 1,33$

T_n – трудомісткість нового виробу, н.год.

					Лист
					63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	

K_{np} – коефіцієнт, що враховує розмір премії. Приймається $K_{np} = 1,4$

[19]

Трудомісткість нового виробу визначається за формулою:

$$T_n = T_a \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{Q_n}{Q_a}\right)^2} \cdot K_{нов} \quad (6.5)$$

де T_a – трудомісткість робіт виробу-аналога, н.год. Визначається за даними виробника. В даному випадку $T_a = 150$

Q_n, Q_a – відповідно маси проектуємої конструкції та виробу аналогу, т;

$K_{нов}$ – коефіцієнт новизни конструкції, яка проектується. Приймаємо $K_{нов} = 1$.

$$T_n = 150 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{3125}{3600}\right)^2} \cdot 1 = 136,5 \text{ н.год.}$$

Тоді заробітна платня:

$$C_3 = 18,63 \cdot 1,33 \cdot 136,5 \cdot 1,4 = 4735,06 \text{ грн.}$$

6.5 Додаткова заробітна платня виробничих працівників, визначається у відсотках від основної заробітної платні. Відсоток додаткової заробітної платні складає 15% від основної заробітної платні виробничих працівників, тобто:

$$C_{дод} = \frac{15\% \cdot C_3}{100\%} \quad (6.6)$$

$$C_{дод} = \frac{15\% \cdot 4735,06}{100\%} = 710,26 \text{ грн.}$$

6.6 Нарахування на заробітну платню нараховується у відсотках від суми основної та додаткової заробітної платні виробничих працівників та враховує відрахування на соціальне страхування в розмірі 22%:

$$C_n = (C_3 + C_{дод}) \cdot 0,22 \quad (6.7)$$

$$C_n = (4735,06 + 710,26) \cdot 0,22 = 1197,97 \text{ грн.}$$

6.7 Витрати на відшкодування зношення спеціальних пристосувань та інструментів визначається в розмірі 15% від основної заробітної платні:

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$C_{інст} = 0,15 \cdot C_3, \quad (6.8)$$

$$C_{інст} = 0,15 \cdot 4735,06 = 710,26 \text{ грн.}$$

6.8 Визначення накладних витрат:

а) витрати по утриманню та експлуатації обладнання:

$$C_{\text{еу}} = \frac{C_3 \cdot K_{\text{еу}}}{100}, \quad (6.9)$$

де $K_{\text{еу}}$ – відсоток витрат по утриманню та експлуатації обладнання

до основної заробітної платні. За розрахунками по аналогу $K_{\text{еу}} = 45\%$.

$$C_{\text{еу}} = \frac{4735,06 \cdot 45\%}{100\%} = 2130,78 \text{ грн.}$$

б) цехові витрати визначаються у відсотках від основної заробітної платні виробничих працівників за формулою:

$$C_{\text{цв}} = \frac{C_3 \cdot K_{\text{цв}}}{100}, \quad (6.10)$$

де $K_{\text{цв}}$ – відсоток цехових витрат до основної заробітної платні.

Приймаємо $K_{\text{цв}} = 45\%$.

$$C_{\text{цв}} = \frac{4735,06 \cdot 45\%}{100\%} = 2130,78 \text{ грн.}$$

в) загальновиробничі витрати визначаються у відсотках від основної заробітної платні виробничих працівників:

$$C_{\text{зв}} = \frac{C_3 \cdot K_{\text{зв}}}{100}, \quad (6.11)$$

де $K_{\text{зв}}$ – відсоток загальнозаводських витрат до основної заробітної

платні. За відсутністю даних приймаємо $K_{\text{зв}} = 40\%$.

$$C_{\text{зв}} = \frac{4735,06 \cdot 40\%}{100\%} = 1894,02 \text{ грн.}$$

6.9 Виробнича собівартість виробу, який проектуємо визначається як сума всіх розрахованих витрат за статтями калькуляції:

$$C_{\text{вир}} = 18046,95 + 2878,06 + 837 + 4735,06 + 710,26 + 1197,97 + 710,26 + 2130,78 + \\ + 2130,78 + 1894,02 = 35271,14 \text{ грн.}$$

6.10 Позавиробничі витрати визначаються у відсотках від виробничої собівартості виробу, який проектуємо і складають 3%:

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$C_{не} = 0,03 \cdot C_{вир}, \quad (6.12)$$

$$C_{не} = 0,03 \cdot 35271,14 = 1058,13 \text{ грн.}$$

6.11. Повна собівартість виробу:

$$C_{нов} = C_{вир} + C_{не}, \quad (6.13)$$

$$C_{нов} = 35271,14 + 1058,13 = 36329,27 \text{ грн.}$$

6.12. Визначення планових накопичень та договірної ціни проектуемого виробу:

а) планові накопичення визначають ся з умов рентабельності виробництва до повної його собівартості за формулою:

$$\Pi = \frac{C_{нов} \cdot P}{100}, \quad (6.14)$$

де P – рентабельність виробу, %. У нашому випадку 15%.

$$\Pi = \frac{36329,27 \cdot 15\%}{100\%} = 5449,39 \text{ грн.}$$

б) договірна оптова ціна дорівнює:

$$C_{опт} = C_{нов} + \Pi, \quad (6.15)$$

$$C_{опт} = 36329,27 + 5449,39 = 41778,66 \text{ грн.}$$

Отримані розрахунки заносимо до таблиці 5.3

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таблиця 7.3 – Планова калькуляція собівартості насосу АНС 250-60

№ п/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1.	Сировина та основні матеріали	15643,75
2.	Покупні вироби та напівфабрикати	23878,06
3.	Транспортно-заготівельні витрати	1580,87
4.	Основна заробітна плата	4735,06
5.	Додаткова заробітна плата	710,26
6.	Нарахування на заробітну плату	1197,97
7.	Витрати на відшкодування зносу спеціальних пристосувань та інструменту	710,26
8.	Витрати по утриманню та експлуатації	2130,78
9.	Цехові витрати	2130,78
10.	Загальнозаводські витрати	1894,02
11.	Виробнича собівартість	35271,47
12.	Позавиробничі витрати	1058,13
13.	Повна собівартість	36329,27
14.	Планове накопичення	5449,39
15.	Оптова ціна	41778,66

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дат		

8 Причини виробничого травматизму, методи його аналізу, показники травматизму

8.1 Причини виробничого травматизму

Успішна профілактика виробничого травматизму та професійної захворюваності можлива лише за умови ретельного вивчення причин їх виникнення. Для полегшення цього завдання прийнято поділяти причини виробничого травматизму і професійної захворюваності на такі основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні, психофізіологічні.

Організаційні причини:

відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці; відсутність контролю; порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів; невиконання заходів щодо охорони праці; порушення технологічних регламентів, правил експлуатації устаткування, транспортних засобів, інструменту; порушення норм і правил планово-попереджувального ремонту устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; використання устаткування, механізмів та інструменту не за призначенням.

Технічні причини:

несправність виробничого устаткування, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування, недосконалість або відсутність захисного огороження, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування.

Санітарно-гігієнічні причини:

підвищений (вище ГДК) вміст у повітрі робочих зон шкідливих речовин; недостатнє чи нераціональне освітлення; підвищені рівні шуму, вібрації; незадовільні мікрокліматичні умови; наявність різноманітних випромінювань вище допустимих значень; порушення правил особистої гігієни.

Економічні причини:

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

нерегулярна виплата зарплати; низький заробіток; неритмічність роботи; прагнення до виконання понаднормової роботи; праця за сумісництвом чи на двох різних підприємствах.

Психофізіологічні причини:

помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важкість і напруженість роботи; монотонність праці; хворобливий стан працівника; необережність; невідповідність психофізіологічних чи антропометричних даних працівника використовуваній техніці чи виконуваній роботі; незадоволення роботою; несприятливий психологічний мікроклімат у колективі.

8.2 Методи аналізу, показники

Аналіз виробничого травматизму проводиться з метою встановлення закономірностей виникнення травм на виробництві та розробки ефективних профілактичних заходів.

У процесі аналізу травматизму мають бути з'ясовані причини нещасних випадків і розроблені заходи щодо їх попередження.

Для аналізу виробничого травматизму застосовують чотири основних методи: статистичний, монографічний, економічний, метод фізичного і математичного моделювання.

Статистичний метод ґрунтується на вивченні причин травматизму за документами, що реєструють нещасні випадки (акти за формою Н-1, листки тимчасової непрацездатності), за певний період часу (квартал, півріччя, рік); у випадку професійних захворювань аналізуються дані карт обліку професійних захворювань за формою П-5, які складаються на підставі актів розслідування випадків профзахворювань.

Цей метод створює можливість визначити порівняльну динаміку травматизму за окремими галузями, підприємствами, цехами, ділянками одного підприємства і виявити закономірності чи ділянки зниження або підвищення рівня травматизму. Для оцінки рівнів травматизму користуються відносними показниками (коефіцієнтами) частоти, важкості і втрат.

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

За коефіцієнт частоти травматизму $K_{\text{ч}}$ береться кількість нещасних випадків, що припадають на тисячу працівників за певний період:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 1000,$$

де T — число нещасних випадків за звітний період (за винятком важких та смертельних); P - середньооблікова кількість працівників за той же період.

Коефіцієнт важкості травматизму $K_{\text{т}}$ характеризує середня кількість днів непрацездатності, що припадають на один нещасний випадок:

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{T},$$

де D - сумарна кількість днів непрацездатності за всіма нещасними випадками за звітний період.

За коефіцієнт втрат $K_{\text{в}}$ (показник загального травматизму) береться кількість людино-днів непрацездатності, що припадають на 1000 працівників. У ці показники не включаються групові та смертельні нещасні випадки:

$$K_{\text{в}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} = \frac{D}{P} \times 1000.$$

Зміна коефіцієнтів частоти, важкості і втрат протягом ряду періодів характеризує динаміку промислового травматизму й ефективність заходів щодо попередження травматизму.

При поглибленому статистичному аналізі травматизму, крім виявлення причин травматизму, робиться також аналіз нещасних випадків за джерелами і характером впливу на організм; за видами робіт чи виробничими операціями; за характером травм; аналізуються відомості про потерпілих (професія, стаж, стать, вік), дані про час події (місяць, година робочого дня, зміна). Отримана інформація орієнтує дослідників щодо небезпеки виробничої обстановки та питань розробки індивідуальних захисних засобів, дає змогу вжити попереджувальні заходи.

До різновидів статистичного аналізу відносять груповий і топографічний. Груповий метод аналізу травматизму ґрунтується на повторюваності нещасних випадків незалежно від тяжкості ушкоджень. Наявний матеріал розслідування розподіляється за групами з метою виявлення найчастіше повторюваних випадків (однакових за обставинами). Нещасні випадки групуються за окремими

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

однорідними ознаками: видом робіт, обладнанням, кваліфікацією, спеціальністю, віком потерпілого, причинами нещасних випадків тощо.

Топографічний метод полягає у вивченні причин нещасних випадків щодо місця їх виникнення; ці місця систематично наносяться умовними знаками на плани ділянки, цеху, підприємства. Метод дає наочне уявлення про місця зосередження травматизму, які потребують відповідних профілактичних заходів. Статистичні методи дослідження дають загальну картину стану травматизму, установлюють його динаміку, виявляють певні залежності, але при цьому не вивчаються поглиблено умови, в яких стався нещасний випадок.

Монографічний метод включає детальне дослідження всього комплексу умов, у яких стався нещасний випадок: процеси, устаткування, матеріали, захисні засоби, умови виробничої обстановки та ін. У результаті дослідження виявляються не тільки причини нещасних випадків, а й приховані (потенційні) небезпечні та шкідливі фактори, що можуть призвести до травматизму.

Економічний метод полягає у визначенні економічного збитку від виробничого травматизму, а також в оцінці ефективності витрат, що спрямовані на попередження нещасних випадків, з метою оптимального розподілу коштів на заходи щодо охорони праці.

Метод фізичного і математичного моделювання застосовується на складних зразках техніки.

Поряд із традиційними методами аналізу травматизму можна відзначити деякі нові напрямки, характерні для дослідження умов безпеки праці та попередження травматизму:

- комплекс методів математичної статистики, наприклад, методи дисперсійного і кореляційного аналізу;
- метод наукового прогнозування безпеки праці. Він служить для ймовірнісної оцінки динаміки травматизму, передбачення утворення несприятливих факторів у нових виробництвах чи технологіях і розробки для них відповідних вимог техніки безпеки;

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат					

- розробка автоматизованих систем оперативного обліку і попередження травматизму, що мають стати однією з ланок автоматизованої системи управління охороною праці;
- розробка методик комплексної оцінки безпеки технологічних процесів та устаткування на стадії їх проектування, виготовлення й експлуатації;
- ергономічний метод, що ґрунтується на комплексному вивченні систем "людина - машина - виробниче середовище" (ЛМС) з урахуванням функціональних можливостей людини у процесі праці;
- детерміністичні методи, які створюють можливість виявити об'єктивний закономірний взаємозв'язок умов праці й існуючу зумовленість випадків травматизму (наприклад, метод мережного моделювання застосовується при аналізі випадків травматизму, що стали результатом дії кількох факторів; методи спостережень, анкетування встановлюють в основному причини психофізіологічного характеру; метод експертних оцінок дає змогу дійти висновків на підставі узагальненого досвіду та інтуїції фахівців, що займаються питаннями охорони праці). Для оперативного обліку та обробки інформації про травматизм і профзахворювання можуть бути використані ручні і машинні системи (ПЕОМ).

Прогнозування травматизму здійснюється звичайно з використанням статистичних даних щодо Кч, Кт, Кв за кілька років роботи, це створює можливість екстраполювати криву, що описує застосування зазначених показників, на найближчий календарний період. Прогнозування травматизму і професійних захворювань, а також динаміки зміни умов праці є однією з основ створення систем управління (менеджменту) охороною праці (СУОП).

Методи прогнозування помилок людини. Ці методи ґрунтуються на класичному аналізі, що містить у собі наступні етапи:

- складання переліку основних відмов системи ЛМС;
- складання переліку й аналізу дій людини;
- оцінювання частоти помилок людини;
- визначення впливу частоти помилок людини на інтенсивність відмов

розглянутої системи;

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

- вироблення рекомендацій, внесення необхідних змін у розглянуту систему і обчислення нових значень інтенсивності відмов.

Надійність людини в системі "людина - машина - виробниче середовище" відіграє дуже важливу роль. Але в розглянутих причинах невиконання завдання враховуються не тільки помилки, а й безпомилкові дії, які, проте, призведуть до катастрофи або аварії в силу тих чи інших обставин. При розгляді причин окремо слід звернути увагу на технічні причини, які, здавалося б, до людини стосунку не мають. Надійність машини визначається її справним станом, за яким наглядає людина. Якщо людина в силу своєї некомпетентності чи безвідповідальності доводить технічний стан машини до такого, що супроводжується виходом машини з ладу, то першою причиною виходу машини з ладу буде ненадійність людини як фахівця, що обслуговує машину, а потім - технічна несправність. Ризик виходу машини з ладу в цьому випадку є перш за все функцією діяльності людини. Більш докладно ці питання розглядаються в курсі "Безпека життєдіяльності".

Метод дерева несправностей застосовується при аналізі складних систем. Загальна процедура аналізу дерева несправностей полягає у виконанні наступних етапів:

- визначення небажаної (завершальної) події в розглянутій системі;
- ретельне вивчення можливої поведінки і передбачуваного режиму використання системи;
- визначення функціональних властивостей подій вищого рівня для з'ясування причин тих чи інших несправностей системи і проведення більш глибокого аналізу поведінки системи з метою виявлення логічного взаємозв'язку подій нижчого рівня, здатних призвести до відмови системи;
- побудова дерева несправностей для логічно пов'язаних подій на вході. Ці події мають визначатися в термінах ідентифікованих незалежних первинних відмов.

Щоб одержати кількісні результати для завершальної небажаної події дерева, необхідно задати ймовірність відмови, коефіцієнт готовності,

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

інтенсивність відмов та інші показники, які характеризують первинні події, за умови, що події дерева несправностей не є надлишковими.

Більш точний і систематичний аналіз передбачає виконання таких процедур, як:

- 1) визначення границь системи;
- 2) побудова дерева несправностей;
- 3) якісна оцінка;
- 4) кількісна оцінка.

Приклад. Потрібно побудувати дерево несправностей для простої системи - освітлення робочого місця, у якій є вимикач та електрична лампочка (рис. 2.14). Вважається, що відмова вимикача полягає лише в тому, що він замикається, а завершальною подією є відсутність освітлення в кімнаті. Основними, або первинними, подіями дерева несправностей є: 1) відмова джерела живлення E₁; 2) відмова запобіжника E₂; 3) відмова вимикача E₃; 4) перегорання лампочки E₄. При аналізі дерево несправностей показує, що первинні події — це входи схем ЧИ: при настанні кожної з чотирьох первинних подій E₁, E₂, E₃, E₄ здійснюється завершальна подія (відсутність світла у робочому приміщенні).

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

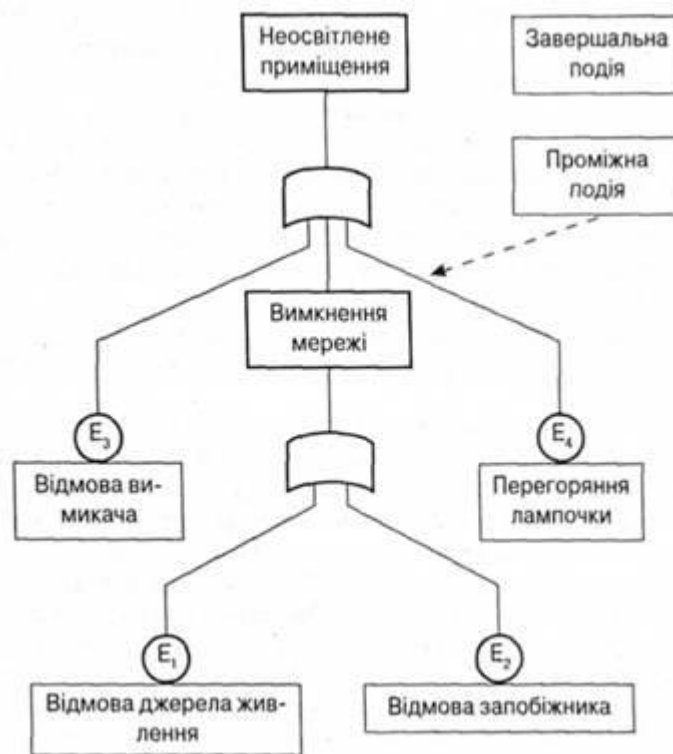


Рисунок 8.1 - Приклад побудовання дерева несправності для лампочки, що перегоріла

Переваги і хиби методу дерева несправностей такі. Метод дає уявлення про поведінку системи, але потребує від фахівців глибокого розуміння системи і конкретного розгляду щоразу тільки однієї певної відмови; допомагає дедуктивно виявляти відмови; дає конструкторам, користувачам і керівникам можливе наочне обґрунтування конструктивних змін та аналізу компромісних рішень; створює можливість виконувати кількісний і якісний аналіз надійності; полегшує аналіз надійності складних систем. Але найголовніша його перевага - це те, що він розвиває навички логічного мислення, що дуже необхідно в практичній діяльності фахівців будь-якого рівня і роду занять.

Метод дуже добре себе зарекомендував при розслідуванні нещасних випадків, коли необхідно розглянути складне нагромадження різних причин у часі.

На основі отриманих показників визначають динаміку виробничого травматизму, професійної та загальної захворюваності за відповідний період, яка

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

дозволяє оцінити стан охорони праці на підприємстві, правильність обраних напрямків щодо забезпечення здорових та безпечних умов праці.

						<i>Лист</i>
						62
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

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.

						<i>Лист</i>
						63
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		