

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПГМ

_____ Ковальов І. О.

«___» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему

**Консольний відцентровий насос
загальнопромислового призначення**

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

Виконавець роботи _____
(підпис)

Воловик М. Ф.
(прізвище, ініціали)

Керівник _____
(підпис)

Герман В. Ф.
(прізвище, ініціали)

Суми 2019

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПГМ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до кваліфікаційної роботи магістра

Воловик Марина Віталіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи – «Консольний відцентровий насос загальнопромислового призначення»

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

2. Термін здавання студентом закінченої роботи – 06.12.2019 р.
3. Вихідні дані до роботи – подача насоса $Q=315$ м³/год, напір $H=80$ м, частота обертів $n=3000$ об/хв, густина $\rho_m=1000$ кг/м³.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) – характеристика відцентрових насосів загальнопромислового призначення, обґрунтування вибору конструктивної схеми насоса, гідравлічні розрахунки, розрахунки з вибору електродвигуна, розрахунок кінцевого ущільнення, розрахунки на міцність, розрахунки з вибору підшипників, технологічний розділ, розділ з охорони праці, економічна частина.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) – монтажне креслення агрегату, складальне креслення насоса, креслення робочого колеса, теоретичне креслення відводу, креслення деталей.

6. Консультанти з роботи, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор.	Назва етапу кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапу роботи	Примітка
1	Підбір матеріалів по темі магістерської роботи	20.01.2019	
2	Актуальність теми і аналіз насосного обладнання	20.02.2019	
3	Особливості конструкції	15.03.2019	
4	Виконання комплексного курсового проекту	20.05.2019	
5	Обґрунтування вибору конструктивної схеми насоса, гідравлічні розрахунки	15.09.2019	
6	Механічні розрахунки. Креслення агрегату	25.09.2019	
7	Виконання економічної частини. Креслення робочого колеса	10.10.2019	
8	Складальне креслення насоса	20.10.2019	
10	Виконання розділу з охорони праці. Креслення деталей	10.11.2019	
11	Виконання технологічного розділу	20.11.2019	
12	Підготовка звіту з практики	26.11.2019	
13	Оформлення РПЗ, графічних матеріалів	01.12.2019	
15	Представлення роботи керівнику. Внесення поправок.	06.12.2019	
16	Перевірка роботи на плагіат.	08.12.2019	
17	Підготовка доповіді до захисту.	10.12.2019	
18	Розміщення роботи в репозитарій. Отримання рецензії.	10.12.2019	
19	Захист роботи в ЕК	згідно графіка захисту	

--	--	--	--

Дата видачі завдання «05» 01. 2019 р.

Студент

_____ (підпис)

Воловик М. В.

(прізвище, ініціали)

Керівник

_____ (підпис)

Герман В. Ф.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 с., 8 рисунків, 5 таблиць, 2 додатки, 11 літературних джерел.

Тема магістерської роботи – «Консольний відцентровий насос загальнопромислового призначення».

Графічні матеріали: 6,5 листів формату А1: монтажне креслення насосного агрегату, складальне креслення насоса, теоретичне креслення корпусу, теоретичне креслення робочого колеса, робоче креслення робочого колеса, робоче креслення корпусу сальника, робоче креслення вала.

Мета роботи – розробка оптимальної конструкції насоса для перекачування холодної технічної води.

Відповідно до поставленої мети було:

- обґрунтовано доцільність використання відцентрових насосів для перекачування технічної води;
- проведено літературний огляд по темі роботи і визначені шляхи досягнення поставленої мети;
- проведено аналіз досліджень і вибрана конструктивна схема насоса;
- виконано гідравлічні розрахунки проточної частини проектного насоса;
- виконано розрахунки на міцність: вала, шпонкових з'єднань, і довговічності підшипників.

У економічній частині розглянуто питання з організації обслуговування і ремонту насоса та розраховано його оптову ціну.

У розділі з охорони праці виконано: аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи в лабораторії підприємства; огляд конструкцій і безпечної експлуатації посудин під тиском; аналіз вимог пожежної безпеки до шляхів евакуації.

Ключові слова: відцентровий насос, конструкція, робоче колесо, відвід, ущільнення, підшипник, міцність, собівартість.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	5
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ НАСОСА.....	6
2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ НАСОСА.....	8
3 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	10
3.1 Визначення основних розрахункових даних.....	10
3.2 Вибір моделі робочого колеса.....	10
3.3 Визначення осьової сили, що діє на ротор насоса.....	11
3.4 Визначення радіальної сили.....	14
3.5 Розрахунок насоса на кавітацію.....	14
4 ВИБІР КІНЦЕВОГО УЩІЛЬНЕННЯ ВАЛА.....	17
4.1 Вибір типу ущільнення.....	17
4.2 Розрахунок потужності, споживаної в ущільненні.....	18
5 РОЗРАХУНОК ЗА ВИБОРОМ ДВИГУНА.....	20
5.1 Вибір двигуна.....	20
6 МЕХАНІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	21
6.1 Розрахунок реакцій в опорах.....	21
6.2 Розрахунок довговічності підшипників.....	23
6.3 Розрахунок вала на статичну міцність.....	25
6.4 Розрахунок шпоночного з'єднання вала з колесом.....	28
7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	30
7.1 Організація обслуговування і ремонт насоса.....	30
7.2 Визначення оптової ціни насоса.....	33
8 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	39
8.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи в лабораторії підприємства.....	39
8.2 Конструкція і безпечна експлуатація посудин під тиском.....	41
8.2.1 Конструкція посудин під тиском.....	41
8.2.2 Нагляд і безпечне обслуговування.....	48
8.3 Вимоги пожежної безпеки до шляхів евакуації.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	58
ДОДАТКИ.....	59

ВСТУП

Насоси загальнопромислового призначення - найбільш поширена група насосів, призначених для перекачування чистих або злегка забруднених хімічних нейтральних і малов'язких рідин з температурою до 100°C. Конструктивне виконання насосів різне. Найбільш широко використовують лопатеві насоси.

За конструктивними ознаками відцентрові насоси загального призначення поділяють на різні типи. Це консольні насоси з осьовим входом - типу К і КМ; насоси двостороннього входу - тип Д; великі відцентрові вертикальні насоси - тип В; багатоступінчасті секційні насоси - тип ЦНС та інші.

Найбільш прості за конструкцією - це консольні насоси типів К і КМ. Насоси мають невеликі габарити і металоємність, основні деталі таких насосів виготовляють з сірого чавуну і вуглецевої сталі. Ці насоси можуть застосовуватися для перекачування води та інших рідин з температурою до 105°C. По виду ущільнення вала насоси бувають двох виконань: з сальниковими і торцевими ущільненнями. Параметри кон-сольних насосів загального призначення: подача $Q = 8 - 290 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H = 18 - 85 \text{ м}$.

Відцентрові насоси типу К знайшли широке застосування в народногму господарстві: комунальне і промислове водопостачання, перекачування води, що охолоджує в системах теплових станцій, цукрових заводів, хімічних та інших виробництв. Насоси мають високу надійність і довговічність, зручність монтажу та експлуатації, невеликі витрати на ремонт і обслуговування

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ НАСОСА

Вихідні дані : подача $Q = 315 \text{ м}^3/\text{год}$, напор $H = 80 \text{ м}$.

Параметри запропонованого до розробки насоса відповідають ряду одноступінчастих насосів типу К [1].

Відповідно до цього вибираємо одноступінчастий насос консольного типу з закритим робочим колесом.

Для вибору частоти обертання насоса розрахуємо коефіцієнт швидкохідності [1]:

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (1.1)$$

де n – частота обертання вала, об/хв;

Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – напір насоса, м.

Кількість ступенів і потоків для проектованого насоса дорівнює 1.

Проведемо розрахунок для двох частот обертання $n_1 = 1500 \text{ об/хв}$ і $n_2 = 3000 \text{ об/хв}$.

$n_1 = 1500 \text{ об/хв}$:

$$n_{s1} = \frac{3,65 \cdot 1500 \cdot \sqrt{315}}{60 \cdot 80^{3/4}} = 60,5.$$

$n_2 = 3000 \text{ об/хв}$:

$$n_{s2} = \frac{3,65 \cdot 3000 \cdot \sqrt{315}}{60 \cdot 80^{3/4}} = 121.$$

При виборі частоти обертання необхідно врахувати, що чим більше частота, тим менше розміри насоса, більше n_s і вище його ККД. Проте можуть погіршуватися кавітаційні якості насоса.

При заданих параметрах насос буде забезпечувати надійну роботу при частоті обертання $n = 3000$ об/хв. Габарити його будуть невеликими, ККД вище. Дану частоту приймаємо в якості розрахункової.

2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ НАСОСА

Насос КШ 315 - 80 - відцентровий, консольний, горизонтальний з осьовим підведенням перекачуваної рідини.

Базовою деталлю насоса є литий корпус, який має спіральний відвід, напірний патрубок, який спрямований вертикально вгору.

Опорні лапи насоса розташовані в нижній частині корпусу.

Основними складальними одиницями насоса є корпус і виймальна частина.

Виймальна частина являє собою самостійну складальну одиницю, що дозволяє робити її ремонт, не відокремлюючи корпус насоса від підводу і відводу трубопроводів.

До складу виймальної частини входять: кронштейн, корпус сальника, робоче колесо, вал, полумуфта насоса, ущільнення вала і кріпильні вироби.

В ущільненні вала застосована м'яка сальникова набивка з одношаровим обплетенням сердечника АГИ по ГОСТ 5152-84.

Піджимання набивки в процесі експлуатації здійснюється за допомогою втулки, що складається з двох половин і нажимного фланця. Кільце запобігає від видавлювання набивки в порожнину розвантажувальної камери.

Для створення умов нормальної його роботи необхідно подати воду до сальника, яка унеможливорює підсмоктування повітря в порожнину насоса при тиску на вході нижче атмосферного. Місце підводу води закрито.

Розвантаження ротора від осьових гідравлічних сил забезпечене вибором щільного ущільнення на тильній стороні основного диска робочого колеса. Відведення рідини з розвантажувальної камери здійснюється через отвори в колесі.

Залишкові (неврівноважені) зусилля сприймаються підшипниками кочення, які є опорами ротора.

Напрямок обертання ротора насоса - за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку привода.

Передача крутного моменту від двигуна до насоса здійснюється за допомогою пружної втулочно – пальцевої муфти.

3 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Визначення основних розрахункових даних

Вихідні дані : подача $Q = 315 \text{ м}^3/\text{год}$, напор $H = 80 \text{ м}$, частота обертання насоса $n = 3000 \text{ об/хв}$, густина рідини, що перекачується $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Коефіцієнт швидкохідності насоса при частоті обертання $n = 3000 \text{ об/хв}$:

$$n_s = 121.$$

3.2 Вибір моделі робочого колеса

Визначимо попередньо діаметр робочого колеса за формулою [1]:

$$D_2 = 19,1 \cdot \frac{\sqrt{2gH}}{n}, \quad (3.1)$$

$$D_2 = 19,1 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 80}}{3000} = 0,250 \text{ м.}$$

Виходячи з отриманих значення $n_s = 121$ і $D_2 = 250 \text{ мм}$ вибираємо модельну проточну частину зі спіральним відводом ($n_s = 120$).

Параметри моделі: $D_{2M} = 300 \text{ мм}$, $n = 1500 \text{ об/хв}$, $\rho_M = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Параметри моделі при $n_s = 120$: $Q_M = 200 \text{ м}^3/\text{год}$, $H_M = 24 \text{ м}$, $\eta_M = 82$.

Для визначення геометричних розмірів проточної частини насоса (робочого колеса, відводу) визначимо коефіцієнт геометричної подібності λ за формулою [2]:

$$\lambda = \sqrt[4]{\left(\frac{Q_H}{Q_M}\right)^2 \cdot \frac{H_M}{H_H}}, \quad (3.2)$$

де Q_H і Q_M - подача ступені натурального і модельного насоса,

H_H і H_M – напір ступені натурального і модельного насоса.

$$\lambda = \sqrt[4]{\left(\frac{315}{200}\right)^2 \cdot \frac{24}{80}} = 0,86.$$

Перераховуємо зовнішній діаметр натурального робочого колеса через коефіцієнт λ [1]:

$$D_{2H} = \lambda \square D_{2M}, \quad (3.3)$$

де D_{2M} – діаметр робочого колеса моделі.

$$D_{2H} = 0,86 \square 300 = 258\text{мм}.$$

Інші розміри проточної частини насоса перераховані, виходячи з отриманого значення коефіцієнта $\lambda = 0,86$.

3.3 Визначення осьової сили, що діє на ротор насоса

Осьова гідравлічна сила складається з суми невірноважених сил, що діють на ротор насоса в осьовому напрямку.

Для врівноваження осьової сили в насосі приблизно симетричне ущільнення по обидва боки робочого колеса і виконані розвантажувальні отвори в основному диску колеса, які вирівнюють тиск в порожнинах А і Б перед і за колесом (рис. 3.1).

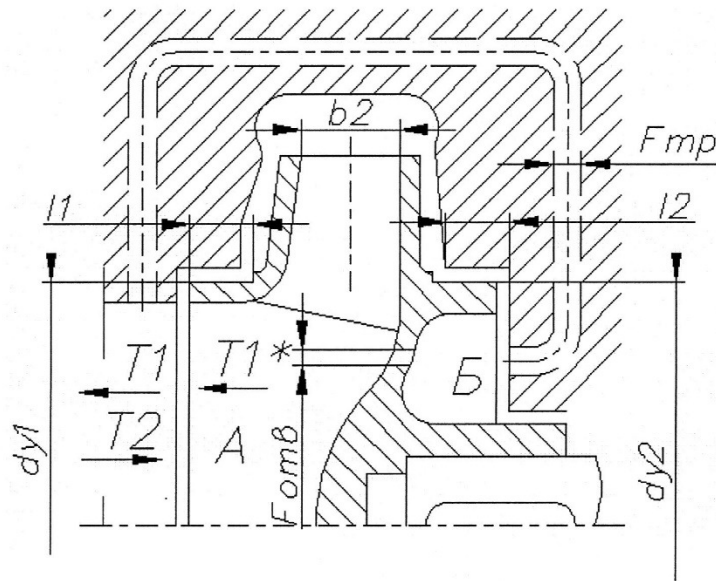


Рисунок 3.1 – Схема дії осьових сил в насосі

Однак повне врівноваження осьової сили не забезпечується. Залишаються неврайонованими сила від аварійного зношення ущільнення T_1^* і сила T_2 , що виникає внаслідок зміни напрямку руху потоку рідини в робочому колесі.

При аварійному зношенні ущільнення виникає додаткова осьова сила T_1^* , спрямована в бік всмоктування.

Ця сила буде дорівнювати [1]:

$$T_1^* = \pi (r_2^2 - r_{y1}^2) \gamma \frac{u_2^3}{8g} \left(\frac{r_2^2}{r_2^2 - r_{y1}^2} \ln \frac{r_2^2}{r_{y1}^2} + \frac{r_2^2 + r_{y1}^2}{2r_2^2} - 2 \right) \quad (3.4)$$

З креслення робочого колеса:

$$r_{y1} = 0,0925 \text{ м}, \quad r_2 = 0,129 \text{ м}.$$

Кругова швидкість на виході робочого колеса

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60}, \quad (3.5)$$

$$U_2 = \frac{3.14 \cdot 0.258 \cdot 3000}{60} = 40,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$T_1^* = 3,14 \cdot (0,129^2 - 0,0925^2) \cdot 9810 \frac{40,5^2}{8 \cdot 9,81} \cdot \frac{0,129^2}{0,129^2 - 0,0925^2} \cdot \ln \frac{0,129^2}{0,0925^2} + \frac{0,129^2 + 0,0925^2}{2 \cdot 0,129^2} - 2) = 654 \text{ Н}$$

По осі насоса діє також динамічна сила T_2 , обумовлена натекання потоку на колесо, а також зміною осевого напрямку руху на радіальне.

Сила T_2 дорівнює [1]:

$$T_2 = B \frac{\gamma \cdot Q}{g} \cdot v_0, \quad (3.6)$$

де $B = 1$ – для радіальних коліс,

v_0 – швидкість на вході в робоче колесо, м/с.

Швидкість v_0

$$v_0 = \frac{Q}{S_0}, \quad (3.7)$$

де S_0 – площа вхідного перетину (сечення) колеса, м².

$$S_0 = \frac{\pi (D_0^2 - d_{BT}^2)}{4}, \quad (3.8)$$

де D_0 – діаметр входу в колесо, $D_0 = 0,17$ м,

d_{BT} – діаметр втулки, $d_{BT} = 0,065$ м.

$$S_0 = \frac{3,14 \cdot (0,17^2 - 0,065^2)}{4} = 0,0194 \text{ м}^2,$$

$$v_0 = \frac{315}{3600 \cdot 0,0194} = 4,51 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$T_2 = \frac{9810 \cdot 315}{3600 \cdot 9,81} \cdot 4,51 = 395 \text{ Н.}$$

Сумарна осьова сила, що діє на робоче колесо:

$$T = T_1 * - T_2 \quad (3.9)$$

$$T = 654 - 395 = 259 \text{ Н}$$

3.4 Визначення радіальної сили

Для визначення радіальної сили в відцентровому насосі зі спіральним відводом використовуємо формулу [3]:

$$R = K_R \left(1 - \left(\frac{q}{q_{\text{опт}}} \right)^2 \right) \rho g H D_2 b_2, \quad (3.10)$$

де K_R – безрозмірний коефіцієнт радіальної сили,

D_2 – зовнішній діаметр робочого колеса,

$D_2 = 0,258 \text{ м,}$

b_2 – ширина колеса на вході, що включає в себе і товщину його дисків,

$b_2 = 0,038 \text{ м.}$

Коефіцієнт K_R залежить від n_s . При $n_s = 121$, $K_R = 0,28$.

Максимальна сила буде на режимі $Q = 0$.

$$R = 0,28 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 80 \cdot 0,258 \cdot 0,038 = 2154 \text{ Н.}$$

3.5 Розрахунок насоса на кавітацію

Кавітаційні якості насоса залежать від основних геометричних розмірів робочого колеса і фізичних властивостей рідини.

Мінімальний кавітаційний запас визначається за формулою [1]:

$$\Delta h = \lambda_1 \frac{v_0^3}{2g} + \lambda_2 \frac{W_1^2}{2g}, \quad (3.11)$$

де λ_1 і λ_2 – коефіцієнти,

v_0 – середня абсолютна швидкість при вході потоку в колесо,

W_1 – середня відносна швидкість при вході потоку на лопаті колеса.

Для насосів при безударном вході на лопаті колеса коефіцієнти приймають рівними:

$$\lambda_1 = 1,2, \quad \lambda_2 = 0,3.$$

Швидкість $v_0 = 4,51$ м/с.

Відносна швидкість на вході

$$W_1 = \sqrt{U_1^2 + v_{m1}^2}, \quad (3.12)$$

де U_1 – кругова швидкість на вході в колесо,

v_{m1} – меридіанна складова абсолютної швидкості.

Кругова швидкість на вході колеса

$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60}, \quad (3.13)$$

де D_1 – діаметр середньої точки на вході в колесо.

$$D_1 = 0,8D_0,$$

$$D_1 = 0,8 \cdot 0,170 = 0,136 \text{ м.}$$

$$U_1 = \frac{3,14 \cdot 0,136 \cdot 3000}{60} = 21,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Меридіальна складова абсолютної швидкості v_{m1}

$$v_{m1} = \psi_1 \cdot v_0, \quad (3.14)$$

де $\psi_1 = 1,15 - 1,3$ - коефіцієнт стиснення на вході в колесо.

При $\psi_1 = 1,3$

$$v_{m1} = 1,3 \cdot 4,51 = 5,86 \text{ м/с.}$$

$$W_1 = \sqrt{21,4^2 + 5,86^2} = 22,2 \text{ м/с.}$$

Кавітаційний запас

$$\Delta h = 1,2 \frac{4,51^2}{2 \cdot 9,81} + 0,3 \frac{22,2^2}{2 \cdot 9,81} = 8,78 \text{ м.}$$

Кавітаційний коефіцієнт швидкохідності

$$C = \frac{5,62 \cdot n / \sqrt{Q}}{\Delta h^{3/4}}, \quad (3.15)$$

$$C = \frac{5,62 \cdot 3000 \cdot \sqrt{315}}{60 \cdot 8,78^{3/4}} = 978.$$

Отримане значення $C = 978$ показує, що насос має хороші кавітаційні якості [3].

4 ВИБІР КІНЦЕВОГО УЩІЛЬНЕННЯ ВАЛА

4.1 Вибір типу ущільнення

Для розробленої конструкції насоса в якості кінцевого ущільнення вала застосовано сальникове ущільнення (рис. 4.1).

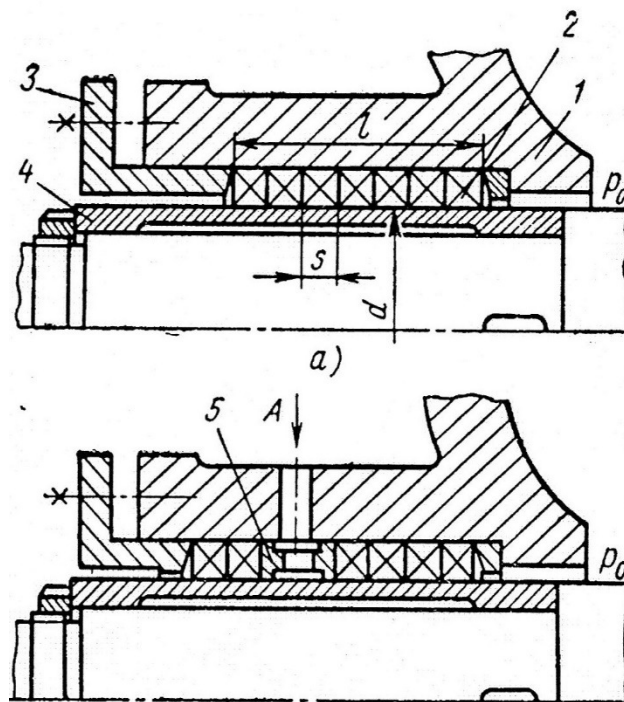


Рисунок 4.1 – Схема сальникового ущільнення

Для надійної роботи насоса необхідно забезпечити підпір на вході в насос. Підпір, який вимірюється у всмоктуючому патрубку, повинен бути не менше 1 м.

З метою захисту сальникового ущільнення від зносу в вузол ущільнення подається запірні рідина під тиском, що перевищує тиск на виході з насоса на 0,05 МПа. В якості запірної рідини використовується технічно чиста вода з температурою не вище 40⁰С. Витрата води, яка подається в сальнику 0,01 м³/год.

Згідно [1] товщина кільця набивки

$$s = \sqrt{d}, \quad (4.1)$$

де d – діаметр вала в місці набивки сальника, мм ($d = 70$ мм).

$$s = \sqrt{70} = 8,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s = 12$ мм.

Довжина сальникового ущільнення дорівнює

$$L = i \cdot s, \quad (4.2)$$

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

s – товщина кільця набивки, мм.

$$L = 4 \cdot 12 = 48 \text{ мм.}$$

Відповідно до ГОСТу 5152-84 вибираємо сальникову набивку з одношаровим обплетенням марки АГІ 12х12.

4.2 Розрахунок потужності, споживаної в ущільненні

Визначимо втрати потужності в сальнику [1]

$$N_c = 3,22 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot r^2 \cdot s \cdot \sigma_0 \left(1 - e^{-2af \frac{l}{s}} \right), \quad (4.3)$$

де r – радіус натискної втулки, см.

$$(r = d/2 = 3,5 \text{ см})$$

n – частота обертання вала, об/хв,

σ_0 – контактне напруження між набивкою і валом, кг/см²,

l – довжина пакета сальникової набивки, см,

$a = 0,5$ – коефіцієнт тертя набивки,

f – коефіцієнт тертя ($f = 0,01 - 0,1$).

Контактне напруження

$$\sigma_0 = P_0 \cdot e^{2af \frac{l}{s}}, \quad (4.4)$$

де l – довжина пакета ($l = 4,8$ см),

$f = 0,05$ – коефіцієнт тертя,

s – товщина кільця сальникової набивки, см ($s = 1,2$ см),

P_0 – тиск на вході в насос ($P_0 = 6$ кг/см²).

$$\sigma_0 = 6 \cdot e^{2 \cdot 0,5 \cdot 0,05 \cdot \frac{4,8}{1,2}} = 7,32 \text{ кг/см}^2.$$

$$N_c = 3,22 \cdot 10^{-5} \cdot 3000 \cdot 3,5^2 \cdot 1,2 \cdot 7,32 \left(1 - e^{-2 \cdot 0,5 \cdot 0,05 \cdot \frac{4,8}{1,2}} \right) = 1,88 \text{ кВт.}$$

5 РОЗРАХУНОК ЗА ВИБОРОМ ДВИГУНА

5.1 Вибір двигуна

Потужність насоса на номінальному режимі при густині рідини $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

$$N = \frac{\rho g Q H}{1000 \cdot \eta} \quad (5.1)$$

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 315 \cdot 80}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,8} = 85,8 \text{ кВт}$$

$\eta = 0,8$ – ККД насоса.

Потужність електродвигуна

$$N_{\text{ЕД}} = K \cdot N$$

де $K = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт, враховує допустиме граничне відхилення напору.

Приймаємо $K = 1,1$.

$$N_{\text{ЕД}} = 1,1 \cdot 85,8 = 94,4 \text{ кВт}$$

Для приводу насоса вибираємо електродвигун 4АМУ250S2У3 з параметрами:

Потужність – 110 кВт;

Напруга – 380/660 В.

Частота обертання (синхронна) – 3000 об/хв.

6 МЕХАНІЧНІ РОЗРАХУНКИ

6.1 Розрахунок реакцій в опорах

Розрахункова схема дії сил на ротор насоса представлена на рис 6.1

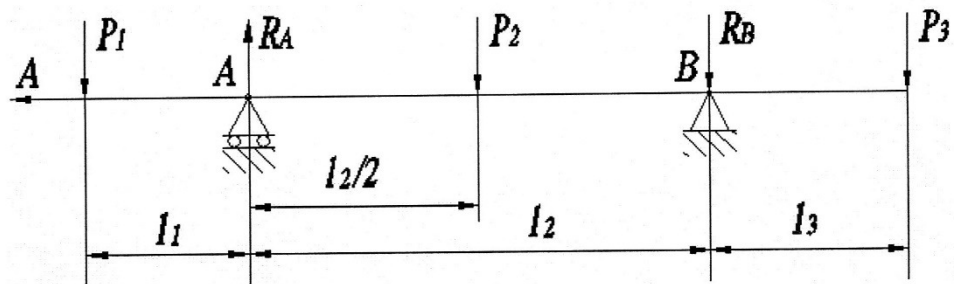


Рисунок 6.1 – Схема навантаження вала

Навантаження P_1 визначається за формулою

$$P_1 = G_K + \frac{1}{3}G_{1в} + R, \quad (6.1)$$

де G_K – вага робочого колеса, Н,

$G_{1в}$ – вага вала на ділянці l_1 , Н,

R – радіальна сила, Н.

$$G_K = 88 \text{ Н}, G_{1в} = 53 \text{ Н}, R = 2154 \text{ Н}.$$

$$P_1 = 88 + \frac{1}{3} \cdot 53 + 2154 = 2260 \text{ Н}.$$

Навантаження P_2 :

$$P_2 = \frac{1}{3}G_{2в}, \quad (6.2)$$

де $G_{2в}$ – вага вала на ділянці l_2 , Н.

$$G_{2в} = 66 \text{ Н}, P_2 = \frac{1}{3} \square 66 = 22 \text{ Н}.$$

Навантаження P_3 :

$$P_3 = G_{ПМ} + \frac{1}{3} G_{3в}, \quad (6.3)$$

де $G_{ПМ}$ – вага напівмуфтами, $G_{3в}$ – вага вала на ділянці l_3 , Н.

$$G_{ПМ} = 57 \text{ Н}, G_{3в} = 30 \text{ Н}.$$

$$P_3 = 57 + \frac{1}{3} \cdot 30 = 67 \text{ Н}.$$

Для визначення реакцій в підшипникових опорах складемо рівняння моментів сил щодо точок опор.

R_A і R_B – реакції в опорах А і В.

Розміри вала: $l_1 = 0,290$ м, $l_2 = 0,170$ м, $l_3 = 0,140$ м.

$$\sum M_A = P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + R_B l_2 + P_3 (l_2 + l_3) - P_1 \cdot l_1 = 0 \quad (6.4)$$

$$R_B = \frac{P_1 l_1 - P_3 (l_2 + l_3) - P_2 \cdot l_2 / 2}{l_2} \quad (6.5)$$

$$R_B = \frac{2260 \cdot 0,29 - 67(0,170 + 0,140) - 22 \cdot 0,17 / 2}{0,17} = 3722 \text{ Н}.$$

$$\sum M_B = P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + P_1(l_1 + l_2) - R_A \cdot l_2 - P_3 \cdot l_3 = 0 \quad (6.6)$$

$$R_A = \frac{P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + P_1(l_1 + l_2) - P_3 \cdot l_3}{l_2} \quad (6.7)$$

$$R_A = \frac{22 \cdot 0,17 / 2 + 2260 \cdot (0,29 + 0,17) - 67 \cdot 0,14}{0,17} = 6082 \text{ Н.}$$

6.2 Розрахунок довговічності підшипників

В опорі А встановлений підшипник 32314 ГОСТ 8328-75, підшипник 314 ГОСТ 8338-75, який сприймає осьове навантаження і є більш навантаженим. Розрахуємо його на довговічність.

Статична вантажопідйомність

$$C_0 = 60800 \text{ Н.}$$

Динамічна вантажопідйомність

$$C = 79000 \text{ Н.}$$

За умовами роботи передній підшипник (опора А) сприймає осьову і радіальну навантаження і є більш навантаженим.

Перевіряємо його на довговічність.

Розрахункова довговічність підшипника [5]:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^3 \quad (6.8)$$

де C – динамічна вантажопідйомність підшипника, Н,
 P - еквівалентне динамічне навантаження, Н.

Еквівалентне динамічне навантаження підшипника

$$P = (X V F_r + Y F_a) = K_T K_\delta \quad (6.9)$$

За умовами роботи підшипника приймаємо: коефіцієнт безпеки $K_\delta = 1,2$,
температурний коефіцієнт $K_T = 1,0$, коефіцієнт обертання $V = 1$.

Радіальна і осьова сили, що діють на підшипник

$$F_r = R_A = 6082 \text{ Н}; \quad F_a = A = T = 259 \text{ Н}.$$

Визначаємо відношення осьового навантаження до радіального

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{259}{1 \cdot 6082} = 0,042$$

Визначаємо відношення

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{259}{60800} = 0,004$$

При цьому $e = 0,12$.

Так як $F_a / V F_r < e$, то коефіцієнт радіального навантаження $X = 1$.

Коефіцієнт осьового навантаження Y

$$Y = 0$$

Динамічна навантаження

$$P = (1 \cdot 1 \cdot 6082 + 0 \cdot 259) \cdot 1 \cdot 1,2 = 6082 \text{ Н}$$

Розрахункова довговічність підшипника

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 3000} \cdot \left(\frac{79000}{6082} \right)^3 = 12220 \text{ г.}$$

6.3 Розрахунок вала на статичну міцність

Розрахунок проводимо за методикою [6].

Для визначення напружень в перетинах вала побудуємо епюру згинальних моментів.

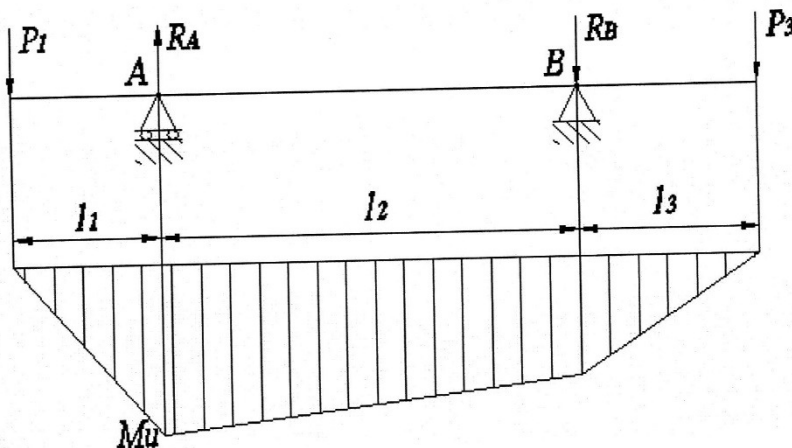


Рисунок 6.2 – Епюра згинальних моментів

Визначимо максимальний згинальний момент в перерізі А

$$M_u = P_1 \cdot l_1 \tag{6.10}$$

$$P_1 = 2260 \text{ Н}, l_1 = 0,290 \text{ м},$$

$$M_u = 2260 \cdot 0,290 = 655 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Найбільший крутний момент на валу

$$M_{\text{кр}} = 9551 \cdot \frac{N}{n}, \quad (6.11)$$

де N – потужність насоса, $N = 85,5$ (див.розд.5)

$$M_{\text{кр}} = 9551 \cdot \frac{85,5}{3000} = 273 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору перерізу валу в точці А

$$W_{\text{и}} = 0,1d^3 \quad (6.12)$$

де $d = 70$ мм – діаметр вала під підшипники

$$W_{\text{и}} = 0,1 \cdot 0,07^3 = 34,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Момент опору крученню

$$W_{\text{кр}} = 0,2d^3 \quad (6.13)$$

$$W_{\text{кр}} = 0,2 \cdot 0,07^3 = 68,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Напруження згину

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{W_{\text{и}}} \quad (6.14)$$

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{655}{34,3 \cdot 10^{-6}} = 19,1 \cdot 10^6 \text{ Па} = 19,1 \text{ МПа}.$$

Напруження кручення

$$\tau_{\text{КР}} = \frac{M_{\text{КР}}}{W_{\text{КР}}} \quad (6.15)$$

$$\tau_{\text{КР}} = \frac{273}{68,6 \cdot 10^{-6}} = 3,98 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3,98 \text{ МПа.}$$

Еквівалентна напруга

$$\sigma_{\text{ЕКВ}} = \sqrt{\sigma_{\text{н}}^2 + 3\tau_{\text{КР}}^2} \quad (6.16)$$

$$\sigma_{\text{ЕКВ}} = \sqrt{19,1^2 + 3 \cdot 3,98^2} = 19,5 \text{ МПа.}$$

Матеріал вала – Сталь 40Х;

Межа текучості $\sigma_{\text{T}} = 780 \text{ МПа}$.

Запас міцності за межею текучості

$$n_{\text{T}} = \frac{\sigma_{\text{T}}}{\sigma_{\text{ЕКВ}}} \quad (6.17)$$

$$n_{\text{T}} = \frac{780}{19,5} = 40$$

Умова міцності виконується.

6.4 Розрахунок шпоночного з'єднання вала з колесом

Основні вихідні дані для розрахунку

Матеріал вала – Сталь 40Х.

Межа текучості $\sigma_{0,2} = 780$ МПа.

Матеріал шпонки – Сталь 45.

Межа текучості $\sigma_T = 350$ МПа.

Матеріал колеса – Сталь 20Х13Л.

Межа текучості $\sigma_T = 440$ МПа.

Крутний момент на валу

$$M_{кр} = 273 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Розмір шпонки під робочим колесом, мм

$$b \times h \times l = 12 \times 8 \times 50$$

При розрахунку шпоночного з'єднання вала з колесом визначальним є напруження зминання

$$\sigma_{см} = \frac{2M_{кр}}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \quad (6.18)$$

де l_p – робоча довжина шпонки,

t_1 – глибина паза шпонки,

h – висота шпонки,

d – діаметр вала.

$$l_p = l - e = 48 - 12 = 36 \text{ мм}, t_1 = 5 \text{ мм}, h = 8 \text{ мм}, d = 48 \text{ мм}.$$

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 273}{0,048 \cdot 0,036 \cdot (0,008 - 0,005)} = 68,7 \cdot 10^6 \text{ Па} = 105,3 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження змінання обчислюємо для матеріалу (шпонка), що має найнижчу межа текучості.

Допустиме напруження змінання

$$[\sigma_{\text{СМ}}] = 0,56 \cdot \sigma_{0,2} \quad (6.19)$$

Для матеріалу вала

$$[\sigma_{\text{СМ}}] = 0,56 \cdot 350 = 196 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{СМ}} < [\sigma_{\text{СМ}}]$$

Умови міцності на змінання виконується.

7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Організація обслуговування і ремонт насоса

Організація обслуговування і ремонту насоса здійснюється відповідно до системи ТО і Р.

Насоси повинні відповідати вимогам безпеки. В процесі експлуатації повинні виконуватися певні вимоги, які дозволяють зберегти ресурс насоса в рамках нормативного. При цьому слід дотримуватись таких вимог:

- тривала і безперебійна робота насоса в значній мірі залежить від правильного складання і уважного догляду. Під час роботи насоса необхідно перевіряти:

а) періодично показання манометра і вакуумметра;

б) температуру підшипників, яка не повинна перевищувати 82°C ;

в) середньоквадратичне значення віброшвидкості, заміряне на корпусі підшипника насоса і електродвигуна, не повинно перевищувати $4,5\text{ мм / с}$;

г) зовнішні витоки через сальникові ущільнення не повинні перевищувати $3 \square 10^{-3}\text{ м}^3 / \text{год}$.

- обслуговування агрегату періодичне. Проводиться воно з застосуванням індивідуальних засобів захисту органів слуху;

- при виконанні ремонтних робіт двигун повинен бути відключений від джерела електричного струму, при цьому повинні бути вжиті заходи, що виключають можливість його включення;

- не допускається робота агрегату без запірної арматури на всмоктуючої і нагнітальної лініях;

- температура кожуха насоса не повинна перевищувати 45°C ;

- забороняється пуск агрегату в роботу без попереднього заповнення його рідиною, що перекачується і без підведення запірної води в ущільнення вала насоса;

- при працюючому агрегаті забороняється підтягувати сальникове ущільнення і усувати будь - які неполадки.

Даний насос може мати характерні несправності, тому нижче наводяться методи їх усунення.

№	Найменування, несправності, зовнішній прояв і додаткові ознаки	Ймовірна причина	Метод усунення	Примітка
1	Насос не подає рідини	Насос і всмоктувальний трубопровід не були залиті перед пуском.	Вимкнути двигун залити насос і всмоктувальний трубопровід.	
		Приймальний клапан не герметичний і не тримає рідину (рідину йде з насоса).	Розібрати і почистити прийомні клапан, зібрати і перевірити чи тримає він рідину.	
		Засмоктує повітря через нещільності в з'єднаннях всмоктувального трубопроводу.	Оглянути всі з'єднання і при необхідності підтягнути їх.	
		Всмоктуючий трубопровід не занурений в рідину і засмоктує повітря (при цьому	Вимкнути насос до наповнення водозбірника. У разі необхідності відкачування	

		вакуумметр показує розрідження (близьке до нуля).	рідини з більш низького рівня - подовжити всмоктуючий трубопровід.	
2	Насос дає малу подачу	Приймальний клапан заїдає або сітка клапана сильно засмічена (при цьому вакуумметр показує розрідження вище нормального).	Перебрати приймальний клапан або очистити сітку клапана.	
		Напір насоса недостатній для даної мережі.	Встановити насос з великим напором.	
		Рівень рідини падає нижче передбаченого, внаслідок чого збільшилося розрідження у всмоктуючому патрубку.	Поглибити насос так, щоб висота всмоктування не перевищувала допустиму.	
3	Насос не розвиває напір	Негерметичність з'єднань трубопроводу.	Підтягнути з'єднання трубопроводу.	
		Зношування ущільнювальних	Розібрати і відновити зношені	

		кілець і пасків робочих коліс.	деталі.	
4	Насос вібрує під час роботи	Неправильне центрування електродвигуна з насосом.	Відцентрувати агрегат.	
		Зношений підшипник.	Замінити підшипник.	
		Насос працює в кавітаційному режимі.	Встановити насос з меншим номінальним напором. Очистити сітку приймального клапана. Збільшити діаметр всмоктувального трубопроводу.	
5	Нагрівання сальників	Сальник сильно затягнутий.	Послабити натиск втулки сальника.	

7.2 Визначення оптової ціни насоса

При визначенні витрат на виробництві даного насоса використовуємо розрахунково-аналітичний метод, який передбачає розрахунок витрат за статтями калькуляції.

Витрати на підставу матеріали і комплектуючі вироби визначимо за формулою

$$C_m = C'_m \square C_{пр} \quad (7.1)$$

де C'_m – питомі матеріальні витрати при виготовленні аналогічної конструкції насоса, грн / кг.

$C_{\text{пр}}$ – все проектованого насоса, т.

Питомі матеріальні витрати в собівартості конструкції насоса - аналога визначаються за формулою

$$C'_m = \frac{Z_a}{Q_a}, \quad (7.2)$$

де Z_a - вартість матеріалів, комплектуючих виробів, покупних напівфабрикатів в собівартості насоса - аналога, грн.

Q_a – маса насоса - аналога (в якості насоса - аналога використовується насоса АКШ 125-200).

$$C'_m \frac{7241}{466} = 16,54 \text{ грн/кг.}$$

Величина транспортно - заготівельних витрат визначається за даними заводу - виробника конструкції аналога, вона становить 5% від вартості матеріалів.

Оскільки вага проектованого насоса згідно креслень становить близько 190 кг, визначимо витрати на матеріали для проектованого насоса

$$C_m = C'_m \cdot C_{\text{пр}} = 16,54 \cdot 205 = 3390 \text{ грн.}$$

Транспортні витрати складуть:

$$C_{\text{тр}} = C_m \cdot 0,1 = 339 \text{ грн.}$$

Розрахуємо трудомісткість і заробітну плату виробничих робітників.

Трудомісткість нового насоса визначається за формулою

$$T_n = T_a \sqrt[3]{\left(\frac{Q_n}{Q_a}\right)^2} \quad (7.3)$$

де T_a – трудомісткість виробництва насоса - аналога, н / год (визначається за даними заводу - виробника і становить 157 н / год.)

Q_n, Q_a , - маса відповідно нового насоса і насоса - аналога, т.

Тоді

$$T_n = 157 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{205}{466}\right)^2} = 157 \sqrt[3]{6,02} = 127 \text{ н/ч.}$$

Основна заробітна плата виробничих робітників визначається за формулою

$$C_3 = C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{сп}} \cdot T_n \cdot K_{\text{пр}}, \quad (7.4)$$

де C_q – годинна тарифна ставка робітника 1-го розряду, грн / год.

(Визначається за даними заводу - виробника).

K_{cp} – тарифний коефіцієнт, що відповідає середньому розряду робіт. (Визначається за даними заводу - виробника).

$K_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує розмір премій. (Береться за даними заводу - виробника).

Тоді

$$C_3 = 2,21 \cdot 1,42 \cdot 127 \cdot 1,4 = 558 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників визначається у відсотку від основної. Відсоток додаткової заробітної плати приймається за даними заводу - виробника. За даним заводу - виробника відсоток додаткової заробітної плати складає в середньому 25%.

$$C_{доп} = C_3 \cdot 0,25 = 558 \cdot 0,25 = 140 \text{ грн.}$$

Відрахування в фонд соціального страхування визначаються у відсотку від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників. Відрахування на соціальне страхування за законодавством становить 37,5%.

Тоді

$$C_{сс} = (C_3 + C_{доп}) \cdot 0,375 = (558 + 140) \cdot 0,375 = 262 \text{ грн.}$$

Витрати на відшкодування зносу спеціальних пристосувань і інструменту визначаються за даними заводу - виробника. Для даного насоса - аналога на підприємстві ці витрати становлять 50% від основної заробітної плати виробничих робітників.

$$C_{и} = C_3 \cdot 0,5 = 558 \cdot 0,5 = 279 \text{ грн.}$$

До накладних витрат відносяться: витрати по утриманню та експлуатації обладнання, цехові, загальнозаводські і позавиробничі витрати.

Витрати по утриманню та експлуатації обладнання відносяться до непрямой статті витрати і визначаються у відсотку від основної заробітної плати виробничих робітників за формулою

$$C_{pc} = C_3 \square \frac{K_{pc}}{100}, \quad (7.5)$$

де C_3 – основна заробітна плата виробничих робітників, грн.

K_{pc} – відсоток витрат по утриманню та експлуатації обладнання (За даними заводу - виробника $K_{pc} = 300\%$).

Тоді

$$C_{pc} = 558 \square 3 = 1647 \text{ грн.}$$

Загальноцехові витрати також визначаються у відсотку від основної заробітної плати виробничих робітників за формулою

$$C_{цр} = C_3 \square \frac{K_{цр}}{100}, \quad (7.6)$$

K_{pc} – відсоток цехових витрат до основної заробітної плати, % (За даними заводу - виробника $K_{цр} = 200\%$).

Тоді

$$C_{цр} = 558 \square 2 = 1116 \text{ грн.}$$

Загальнозаводські витрати визначаються у відсотку від основної заробітної плати виробничих робітників за формулою

$$C_{зр} = C_3 \square \frac{K_{зр}}{100}, \quad (7.7)$$

де $K_{зр}$ - відсоток загальногосподарських витрат до основної заробітної плати виробничих робітників (За даними заводу - виробника $K_{зр} = 350\%$)

Тоді

$$C_{зр} = 558 \cdot 3,5 = 1953 \text{ грн.}$$

Визначаємо заводську собівартість

$$C_{зав} = C_m + C_{тр} + C_z + C_{доп} + C_{сс} + C_{и} + C_{рс} + C_{цр} + C_{зр} = 3390 + 339 + 558 + \\ + 140 + 262 + 279 + 1674 + 1116 + 1953 = 9711 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати визначаються у відсотку від заводської собівартості виробу. Відсоток позавиробничих витрат за даними заводу - виробника складає 6%.

Тоді

$$C_{вр} = C_{зав} \cdot 0,06 \\ C_{вр} = 9711 \cdot 0,06 = 583 \text{ грн.}$$

Повна собівартість насоса становить:

$$C_{полн} = C_{зов} + C_{вр} \\ C_{полн} = 9711 + 583 = 10294 \text{ грн.}$$

Планові накопичення по заводу - виробника складають 25% від повної собівартості і визначаються за формулою

$$П = C_{полн} \cdot \frac{P}{100}, \quad (7.8)$$

де P – рентабельність насоса, $\% P = 25\%$.

Тоді

$$П = 10294 \cdot 0,25 = 2573 \text{ грн.}$$

Оптова ціна насоса становить:

$$Ц_{опт} = C_{полн} + П \\ Ц_{опт} = 10294 + 2573 = 12867 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків собівартості і оптової ціни проектного насоса надані в таблиці 4.2.

Таблиця 7.2 – Планова калькуляція насоса

№	Найменування статті	Сума, грн.
1	Сировина, основні матеріали і покупні напівфабрикати	3390
2	Транспортні витрати	339
3	Основна заробітна плата виробничих робітників	558
4	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	140
5	Відрахування соціальним страхуванням	262
6	Відшкодування зносу спеціальних пристосувань і інструменту	279
7	Витрати по утриманню та експлуатації обладнання	1674
8	Загальноцехові витрати	1116
9	Загальнозаводські витрати	1953
10	Позавиробничі витрати	583
11	Повна собівартість насоса	10294
12	Планові накопичення	2573
13	Оптова ціна	12867

8 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

8.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи в лабораторії підприємства

Метою охорони праці на підприємстві є оцінка обстановки та характеристика трудового процесу в частині його впливу на здоров'я і життя працівника. Для досягнення цього завдання державою встановлено низку критеріїв оцінки, які допомагають визначити ступінь небезпечності умов праці на підприємствах, що використовують працю найманих робітників.

Законодавство виділяє такі основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:
 - незадовільний мікроклімат (температура, вологість, вентиляція повітря, інфрачервоне або ультрафіолетове випромінювання) в приміщенні;
 - барометричний тиск;
 - постійні електричні поля і випромінювання;
 - небезпечні іонізуючі випромінювання;
 - високий рівень промислових шумів та вібрацій (місцевий або загальний);
 - недостатнє природне або технічне освітлення в робочих приміщеннях.
2. хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що передбачають використання небезпечних речовин хімічного походження у виробництві;\
3. біологічні характеристики (мікроорганізми, які знаходяться в бактеріальних медикаментах, патогенні мікроелементи);
4. загальна організація робочого процесу на підприємстві:

– тяжкість роботи, що представлена об'ємом фізичних зусиль, навантаженням на опорно-руховий апарат, серцево-судинну, дихальну та інші системи робітника. Зокрема, тяжкість праці характеризується такими факторами як фізичне навантаження робітника, наприклад, масою вантажу, яку необхідно підняти і перемістити робітнику, обсягом статичного навантаження, незручною робочою позою тощо.

– інтенсивність праці, яка представлена навантаженням на центральну нервову систему, органи чуттів, психологічним станом робітника (наприклад, інтелектуальні або емоційні навантаження, монотонність роботи).

Наведений перелік шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища не є вичерпним і може відрізнятися на кожному окремому підприємстві залежно від специфіки його діяльності. Проте, при складанні загальної оцінки трудового становища на підприємстві, необхідно пам'ятати, що всі шкідливі фактори виробничого середовища пов'язані однією спільною рисою, а саме наявністю у них негативних наслідків у формі професійного або виробничого захворювання, короткочасного або постійного зниження працездатності особи, порушення здоров'я робітника або навіть його близьких родичів.

8.2 Конструкція і безпечна експлуатація посудин під тиском

8.2.1 Конструкція посудин під тиском

Конструкція посудин повинна забезпечувати працездатність, надійність, довговічність і безпеку експлуатації протягом розрахованого строку служби і передбачати можливість проведення технічного огляду, цілковитого випорожнення, очистки, промивки, продувки, ремонту, експлуатаційного контролю металу та з'єднань.

Для кожної посудини має бути встановлений і вказаний в паспорті розрахунковий (допустимий) строк служби з урахуванням умов експлуатації.

Пристрої, які заважають зовнішньому і внутрішньому оглядам посудин (мішалки, змійовики, оболонки, тарілки, перегородки та інші пристрої), повинні бути, як правило, знімними. В разі застосування приварних пристроїв повинна бути передбачена можливість їх видалення з подальшою установкою. Порядок знімання й установки цих пристроїв має бути вказаний в Інструкції з монтажу та експлуатації.

Якщо конструкція посудин не дозволяє проводити зовнішній і внутрішній огляди або гідравлічне випробування, передбачені вимогами цих Правил, розробником проекту посудини в Інструкції по монтажу та експлуатації мусять бути вказані методика, періодичність й обсяг контролю, виконання яких забезпечить своєчасне виявлення та усунення дефектів.

Конструкція внутрішніх пристроїв повинна забезпечувати видалення із посудин повітря при гідравлічному випробуванні і води після гідравлічного випробування.

Посудини повинні мати штуцери для наповнення і зливу води, а також видалення повітря при гідравлічному випробуванні.

На кожній посудині повинен бути передбачений вентиль, кран або інший пристрій, що дозволяє здійснювати контроль за відсутністю тиску в посудині перед

його відкриванням, при цьому відвід середовища повинен бути напрямлений в безпечне для обслуговуючого персоналу місце.

Розрахунок на міцність посудин та їх елементів повинен проводитися за діючою НД, узгодженою з Держнаглядом України. Посудини, призначені для роботи в умовах циклічних і знакоперемінних навантажень, мають бути розраховані на міцність з урахуванням цих навантажень.

Посудини, що в процесі експлуатації змінюють своє положення в просторі, повинні мати пристрої, які б запобігали їх самоперекиданню.

Конструкція посудин, які обігріваються гарячими газами, повинна забезпечувати надійне охолодження стінок, що знаходяться під тиском, до розрахункової температури.

Для перевірки якості приварки кільця, що зміцнюють отвори для люків, лазів і штуцерів, повинен бути передбачений нарізний контрольний отвір в кільці, якщо воно приварене із зовнішнього боку, або в стінці, якщо кільце приварене з внутрішнього боку посудини.

Ця вимога поширюється також на приварювані ззовні до корпусу накладки або інші елементи.

Експлуатація електричного обладнання посудин повинна відповідати «Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів» і «Правилам технічної безпеки при експлуатації електроустановок споживачів».

Посудини повинні бути забезпечені необхідною кількістю люків та оглядових лючків, що забезпечують огляд, очистку і ремонт посудин, а також монтаж і демонтаж розбірних внутрішніх пристроїв.

Посудини, що складаються з циліндричного корпусу і решіток із закріпленими в них трубками (теплообмінники); посудини, призначені для транспортування і зберігання криогенних рідин, а також посудини, призначені для роботи з речовинами 1-го і 2-го класів небезпеки за ГОСТ 12.1.007, які не викликають корозії і накипу, допускається виготовляти без люків і лючків незалежно від діаметру посудин, за умови виконання вимог ст. 2.1.4 цих Правил.

Посудини з внутрішнім діаметром більше 800 мм повинні мати люки, а з внутрішнім діаметром 800 мм і менше – лючки.

Внутрішній діаметр круглих люків мусить бути не менше 400 мм. Розміри овальних люків за найменшими і найбільшими осями на просвіту повинні бути не менше 325x400 мм.

Внутрішній діаметр круглих або розмір за найменшою віссю овальних лючків повинен бути не менше 80 мм.

Люки, лючки необхідно розташовувати в місцях, доступних для обслуговування. Вимоги до обладнання, розміщення та обслуговування оглядових вікон в барокамерах визначаються проектною організацією і повинні бути вказані в інструкції підприємства-виготовлювача.

Кришки люків повинні бути знімними. На посудинах, ізольованих на основі вакууму, допускаються приварні кришки.

Кришки масою більше 20 кг повинні бути забезпечені підйомно-поворотними або іншими пристроями для їх відкривання і закривання.

Конструкція шарнірно-відкидних або вставних болтів, хомутів, а також затискних пристроїв люків, кришок та їх фланців повинна запобігати їх самодовільному зсуву.

У посудинах застосовуються днища: еліптичні, напівсферичні, торосферичні, сферичні невідбортовані, конічні відбортовані, конічні невідбортовані, плоскі відбортовані, плоскі невідбортовані.

Еліптичні днища повинні мати висоту випуклої частини, виміряну по внутрішній поверхні, не менше 0,2 внутрішнього діаметра днища. Допускається зменшення цієї величини за узгодженням з головною організацією.

Торосферичні (коробові) днища повинні мати:

- висоту випуклої частини, виміряну по внутрішній поверхні, не менше 0,2 внутрішнього діаметра;
- внутрішній радіус відбортовки не менше 0,1 внутрішнього діаметра днища;
- внутрішній радіус кривизни центральної частини не більше внутрішнього діаметра днища.

Сферичні невідбортовані днища можуть застосовуватись з приварними фланцями, при цьому:

– внутрішній радіус сфери днища повинен бути не більше внутрішнього діаметра посудини;

– зварне з'єднання фланця з днищем виконується з суцільним проваром.

У зварних випуклих днищах за винятком напівсферичних, що складаються з декількох частин із розташуванням зварних швів по хорді, відстань від осі зварного шва до центру днища повинна бути не більше $1/5$ внутрішнього діаметра днища. Кругові шви випуклих днищ повинні розміщуватися на відстані не більше $1/3$ внутрішнього діаметра днища.

Конічні невідбортовані днища повинні мати центральний кут не більше 45° . За висновками головної організації з апаратобудування, центральний кут може бути збільшений до 60° .

Плоскі днища з кільцевою канавкою і циліндричною частиною (бортом), виготовлені механічною розточкою, повинні виготовлятися з поковки. Допускається виготовлення відбортованого плоского днища з листа, якщо відбортовка виконується штамповкою або обкаткою кромки листа з вигином 90° .

Для відбортованих і перехідних елементів посудин, за винятком випуклих днищ, компенсаторів і витягнутих горловин під приварку штуцерів, відстань L від початку закруглення відбортованого елемента до відбортованої кромки в залежності від товщини S стінки відбортованого елемента має бути не меншою за вказану в табл. 8.1.

Таблиця 8.1

Товщина стінки відбортованого елемента, S, мм	Відстань до відбортованої кромки, не менше, L, мм
До 5	15
Понад 5 до 10	$2S + 5$
Понад 10 до 20	$S + 15$
Понад 20 до 150	$S/2 + 25$
Понад 150	100

При зварюванні обичайок і труб, приварюванні днищ до обичайок мають застосовуватись стикові шви з повним проплавленням.

Допускаються зварні з'єднання втавр і кутові з повним проплавленням для приварювання плоских днищ, плоских фланців, трубних решіток, штуцерів, люків, оболонок.

Застосування напусккових зварних швів допускається при приварюванні до корпусу закріплюючих кілець, опорних елементів, підкладних листів, пластин під площадки, сходів, кронштейнів тощо.

Конструктивний зазор у кутових і таврових зварних з'єднаннях допускається у випадках, передбачених НД, узгодженою з Держнаглядом України.

Зварні шви повинні бути доступні для контролю при виготовленні, монтажі та експлуатації посудин, передбаченого вимогами цих Правил, відповідних стандартів і технічних умов.

Поздовжні шви суміжних обичайок і шви днищ посудин повинні бути зміщені відносно один одного на величину трикратної товщини найбільш товстого елемента, але не менше ніж на 100 мм між осями швів.

Указані шви допускається не зміщувати відносно один одного в посудинах, призначених для роботи під тиском не більше 1,6 МПа (16 кгс/см²) і при температурі стінки не вище 400 °С, з номінальною товщиною стінки не більше 30 мм за умови, що ці шви виконуються автоматично або електрошлаковою зваркою і місця перетину швів контролюються методом радіографії, або ультразвуковою дефектоскопією в обсязі 100 %.

При приварюванні до корпусу посудини внутрішніх і зовнішніх пристроїв (опорних елементів, тарілок, оболонки, перегородок та ін.) допускається перетин цих зварних швів із стиковими швами корпусу за умови попередньої перевірки перекриваючої ділянки шва корпусу методом радіографії або ультразвуковою дефектоскопією.

У разі приварювання опор або інших елементів до корпусу посудини відстань між кінцем зварного шва посудини і кінцем шва приварки елементів повинна бути не менше товщини стінки корпусу посудини, але не менше 20 мм.

Для посудин із вуглецевих і низьколегованих марганцевистих, кремніймарганцевистих сталей (додаток 2), які підлягають після зварювання термообробці, незалежно від товщини стінки корпусу, відстань між кінцем зварного шва посудини і кінцем шва приварки елемента повинна бути не менше 20 мм.

У горизонтальних посудинах допускається місцеве перекриття сидловими опорами кільцевих (поперечних) зварних швів на загальній довжині не більше 0,35 rD, а за наявності підкладного листа – не більше 0,5 rD, де D – зовнішній діаметр посудини. При цьому ділянки зварних швів, які перекриваються, по всій довжині повинні бути перевірені методом радіографії або ультразвуковою дефектоскопією.

У стикових зварних з'єднаннях елементів посудин з різною товщиною стінок повинен бути забезпечений плавний перехід від одного елемента до другого шляхом поступового стоншення кромки більш товстого елемента. Кут нахилу поверхонь переходу не повинен перевищувати 20°.

Якщо різниця в товщині з'єднувальних елементів складає не більше 30 % товщини тонкого елемента і не перевищує 5 мм, то допускається

застосування зварних швів без попереднього стоншення товстого елемента. Форма швів повинна забезпечувати плавний перехід від товстого елемента до тонкого.

При стикуванні литої деталі з деталями із труб, прокату або поковок необхідно враховувати, що номінальна розрахункова товщина литої деталі на 25–40 % більше аналогічної розрахункової товщини стінки елемента із труб, прокату або поковок, тому перехід від товстого елемента до тонкого повинен бути виконаний таким чином, щоб товщина кінця литої деталі була не менше номінальної розрахункової величини.

Отвори для люків, лючків і штуцерів повинні розміщуватись, як правило, поза зварними швами.

Допускається розміщення отворів:

- на поздовжніх швах циліндричних і конічних обичайок посудин, якщо номінальний діаметр отворів не більше 150 мм;
- на кільцевих швах циліндричних і конічних обичайок посудин без обмеження діаметра отворів;
- на швах випуклих днищ без обмеження діаметра отворів за умови 100 % перевірки зварних швів днищ методом радіографії або ультразвуковою дефектоскопією.

Зварні шви штуцерів і люків повинні виконуватись з повним проплавленням.

На торосферичних днищах допускається розміщення отворів тільки в межах центрального сферичного сегмента. При цьому відстань від центру днища до зовнішньої кромки отвору, вимірювана по хорді, повинна бути не більше $0,4D$ (D – зовнішній діаметр днища).

Матеріали, які застосовуються для виготовлення посудин, повинні забезпечувати їх надійну роботу протягом розрахункового строку служби з урахуванням заданих умов експлуатації (розрахунковий тиск, мінімальна негативна і максимальна розрахункова температура), складу і характеру середовища (корозійна активність, вибухонебезпечність, токсичність та ін.), також впливу температури навколишнього повітря.

Для виготовлення, монтажу і ремонту посудин та їх елементів повинні застосовуватись основні матеріали, наведені в додатку 4.

Застосування матеріалів, наведених у додатку 4, для виготовлення посудин та їх елементів, призначених для роботи з параметрами, що виходять за встановлені межі або не наведені в додатку 4, а також за іншими стандартами і технічними умовами допускається за дозволом Держнаглядохоронпраці України за умови, що якість і властивість матеріалів будуть не нижче встановлених стандартом і ТУ, а також за наявності позитивних висновків головних організацій з приладобудування, металознавства, зварювання.

Копії дозволів мають бути прикладені до паспорта на посудину.

Застосування плакованих і наплавлених основних матеріалів допускається для виготовлення посудин, якщо матеріали основного та плакуючого шарів вказані в додатку 4, а наплавні матеріали – в технічних умовах, узгоджених з головною організацією.

При виборі матеріалів для посудин, призначених для установки на відкритій площадці або в неопалюваних приміщеннях, повинна враховуватись абсолютна мінімальна температура зовнішнього повітря для даного району за СНиП 2.01.01 у випадку, якщо температура стінки посудини може стати негативною від дії навколишнього повітря, коли посудина перебуває під тиском.

Якість і властивості матеріалів і напівфабрикатів повинні задовольняти вимогам відповідних стандартів і технічних умов і підтверджуватися сертифікатами підприємств-постачальників. При відсутності або неповноті сертифіката або маркіровки підприємство – виготовлювач посудин мусить провести всі необхідні випробування і дослідження, що підтверджують повну відповідність матеріалів вимогам НД з оформленням їх результатів протоколом, що доповнює або замінює сертифікат постачальника матеріалу.

8.2.2 Нагляд і безпечне обслуговування

Власник зобов'язаний забезпечити утримування посудин у справному стані і безпечні умови їх роботи.

У цих цілях необхідно:

1) призначити наказом із числа інженерно-технічних працівників, які пройшли у встановленому порядку перевірку знань цих Правил, відповідальних за справний стан і безпечну дію посудин, а також відповідальних по нагляду за технічним станом та експлуатацією посудин;

2) призначити необхідну кількість осіб обслуговуючого персоналу, навчених і маючих посвідчення на право обслуговування посудин, а також установити такий порядок, щоб персонал, на який покладені обов'язки по обслуговуванню посудин, вів ретельне спостереження за дорученим йому обладнанням шляхом його огляду, перевірки дії арматури, КВП, запобіжних і блокуючих пристроїв і підтримки посудин у справному стані.

Результати огляду і перевірки повинні записуватись в змінному журналі;

3) забезпечити проведення технічних опосвідчень, діагностування посудини в установлені терміни;

4) забезпечити порядок і періодичність перевірки знань Правил керівними та інженерно-технічними працівниками;

5) організувати періодичну перевірку знань персоналом інструкцій з режиму роботи і безпечного обслуговування посудин;

6) забезпечити інженерно-технічних працівників Правилами і керівними вказівками з безпечної експлуатації посудин, а обслуговуючий персонал – інструкціями;

7) забезпечити виконання інженерно-технічними працівниками Правил, а обслуговуючим персоналом – інструкцій.

Для підприємств з невеликою (до 10) кількістю посудин обов'язки по нагляду за технічним станом і експлуатацією посудин можуть бути покладені на відповідального за справний стан і безпечну дію посудин.

Інженерно-технічний працівник (група) по нагляду за технічним станом і експлуатацією посудин повинен здійснювати свою роботу за планом, затвердженим власником підприємства.

При цьому, зокрема, він зобов'язаний:

1) оглядати посудини в робочому стані і перевіряти дотримання встановлених режимів при експлуатації;

2) проводити технічне опосвідчення посудин;

3) здійснювати контроль за підготовкою і своєчасним пред'явленням посудин для опосвідчення інспектору (експерту) Держнаглядохоронпраці України;

4) вести книгу обліку та опосвідчень посудин, які перебувають на балансі підприємства, як зареєстрованих в ЕТЦ, так і не підлягаючих реєстрації;

5) контролювати виконання виданих ним приписів, а також приписів ЕТЦ;

6) контролювати своєчасність і повноту проведення планово-попереджувальних ремонтів посудин, а також дотримання цих Правил при проведенні ремонтних робіт;

7) перевіряти дотримання устновленого цими Правилами порядку допуску робітників до обслуговування посудин, а також брати участь у комісіях з атестації і періодичної перевірки знань інженерно-технічних працівників і обслуговуючого персоналу;

8) перевіряти видачу інструкцій обслуговуючому персоналу, а також наявність інструкцій на робочих місцях;

9) перевіряти правильність ведення технічної документації при експлуатації і ремонті посудин;

При виявленні несправностей, а також порушень цих Правил та інструкцій при експлуатації посудин відповідальний по нагляду повинен вжити заходів щодо усунення цих несправностей або порушень, а в разі необхідності вжити заходів щодо виведення посудини з роботи.

Відповідальний (група) по нагляду за технічним станом та експлуатацією посудин має право:

1) видавати обов'язкові для виконання керівниками та інженерно-технічними працівниками цехів і відділів підприємства приписи по усуненню порушень;

2) подавати керівництву підприємства пропозиції щодо усунення причин, що породжують порушення;

3) при виявленні серед обслуговуючого персоналу ненавчених осіб, а також осіб, які показали незадовільні знання, вимагати усунення їх від обслуговування посудин;

4) подавати керівництву підприємства пропозиції щодо притягування до відповідальності інженерно-технічних працівників та осіб обслуговуючого персоналу, які порушують Правила та інструкції.

Відповідальність за справний стан і безпечну дію посудини підприємства (цеху, дільниці) має бути покладена наказом на інженерно-технічного працівника, якому підпорядкований персонал, що обслуговує посудини. Номер і дата наказу про призначення відповідальної особи повинні бути записані в паспорт посудини.

На час відпустки, відряджень, хвороби або в інших випадках відсутності відповідальної особи виконання її обов'язків покладається згідно з наказом на іншого інженерно-технічного працівника, котрий пройшов перевірку знань Правил. Запис про це у паспорті посудини не робиться.

Відповідальний за справний стан і безпечну дію посудин повинен забезпечити:

1) утримання посудин в справному стані;

2) обслуговування посудин навченим та атестованим персоналом;

3) виконання обслуговуючим персоналом інструкцій з режиму і безпечного обслуговування посудин;

4) проведення своєчасних ремонтів і підготовку посудин до технічного опосвідчення;

5) обслуговуючий персонал – інструкціями, а також періодичну перевірку його знань;

б) своєчасне усунення виявлених несправностей.

Відповідальний за справний стан і безпечну дію посудин зобов'язаний:

- 1) оглядати посудини в робочому стані з установленою керівництвом підприємства (організації) періодичністю;
 - 2) щоденно перевіряти записи в змінному журналі з розписом у ньому;
 - 3) проводити роботу з персоналом по підвищенню його кваліфікації;
 - 4) брати участь в обстеженнях і технічних опосвідченнях посудин;
 - 5) зберігати паспорти посудин та Інструкції підприємств-виготовлювачів по їх монтажу та експлуатації;
- б) вести облік напруцювання циклів навантаження посудин, що експлуатуються в циклічному режимі.

Обслуговування посудин може бути доручено особам, котрі досягли 18-річного віку, пройшли медичне обстеження, навчання за відповідною програмою, атестовані і мають посвідчення на право обслуговування посудин.

Навчання та атестація персоналу, який обслуговує посудини, повинні проводитись у професійно-технічних училищах, в учбово-курсних комбінатах (курсах), а також на курсах, спеціально створених підприємствами, які мають дозвіл органів Держнаглядодохоронпраці України, виданий на підставі висновку ЕТЦ щодо можливості і умов виконувати вказані роботи навчальними закладами. Індивідуальна підготовка персоналу не

Особам, які склали іспити, повинні бути видані посвідчення з вказівкою найменування, параметрів робочого середовища посудин, до обслуговування яких ці особи допущені.

Посвідчення повинні бути підписані головою комісії.

Атестація персоналу, який обслуговує посудини із швидкознімними кришками, а також посудини, що працюють під тиском шкідливих речовин 1, 2, 3 і 4-го класів небезпеки за ГОСТ 12.1.007, проводиться комісією за участю інспектора Держнаглядодохоронпраці України, в решті випадків участь інспектора в роботі комісії не обов'язкова.

Про день проведення іспитів місцевий орган Держнаглядодохоронпраці України повинен бути повідомлений не пізніше як за 5 днів.

Періодична перевірка знань персоналу, який обслуговує посудини, повинна проводитись не рідше одного разу в 12 місяців.

Позачергова перевірка знань проводиться:

- при переході на інше підприємство;
- у разі внесення змін в інструкцію з режиму роботи і безпечного обслуговування посудини;
- на вимогу інспектора Держнаглядохоронпраці України або відповідального по нагляду за технічним станом та експлуатацією посудин.

У разі переривання в роботі за спеціальністю більше 12 місяців персонал, який обслуговує посудини, після перевірки знань повинен перед допуском до самостійної роботи пройти стажування для відновлення практичних навичок.

Результати перевірки знань обслуговуючого персоналу оформляються протоколом, підписаним головою і членами комісії, із відміткою в посвідченні.

Допуск персоналу до самостійного обслуговування посудин оформляється наказом або розпорядженням по цеху чи підприємству.

На підприємстві має бути розроблена і затверджена у відповідному порядку інструкція з режиму роботи і безпечного обслуговування посудин. Для посудин (автоклавів) із швидкознімними затворами в указаній інструкції має бути відображений порядок зберігання і застосування ключ-марки. Інструкція повинна знаходитись на робочому місці і видаватись під розписку обслуговуючому персоналу.

8.3 Вимоги пожежної безпеки до шляхів евакуації

В якості евакуаційних виходів зазвичай використовуватись дверні отвори, за умови, що вони: ведуть безпосередньо на вулицю; ведуть до сходового майданчика, коридора або вестибюля, через який можна вийти назовні; ведуть у суміжні приміщення, вогнестійкі властивості яких дозволяють сховатися від пожеж, якщо вони за вибухопожежними та протипожежними показниками належать до груп А, Б і В і мають безпосередній вихід назовні або на сходовий майданчик. Додатково, як

евакуаційні слід використовувати запасні виходи, які закриті для щоденного руху людей.

Під евакуаційним шляхом розуміють маршрути, що ведуть до евакуаційних виходів назовні з приміщення. В залежності від місцезнаходження робітників в компанії евакуаційні маршрути прокладають таким чином, щоб всі співробітники мали змогу залишити місце події, скориставшись найближчими до них шляхами евакуації. Найпоширенішими шляхами є проходи, коридори, сходи, тамбури, фойє, холи, вестибюлі. Нагадуємо, що під час евакуації забороняється користуватись механічними сполучними елементами (ліфт, ескалатор), тому що в результаті аварії вони можуть раптово поламатись та затримати людей. Напрямок руху за маршрутом евакуації, а також місце розташування аварійного виходу позначають спеціальними знаками безпеки.

Правила облаштування евакуаційних шляхів та виходів:

- маршрут евакуації та аварійні виходи повинні забезпечувати вільний доступ до них, залишатись просторими та не зашарашуватись сторонніми речами будь-якого призначення, що можуть ускладнити рух людей;
- в компанії необхідно розробити та улаштувати стільки евакуаційних виходів, скільки потрібно з точки зору норм безпеки. Кількість та оздоблення маршрутів евакуації повинні відповідати протипожежним стандартам будівельних нормативів;
- технологічне та виробниче обладнання у приміщеннях повинно розташовуватись таким чином, що не закривати проходи до сходових майданчиків та інших шляхів евакуації;
- якщо закриті приміщення має тільки один евакуаційний вихід, в ньому слід розмішувати не більше 50 робочих місць. Для розміщення більшої кількості співробітників необхідно використовувати приміщення, в якому наявні мінімум два виходи;
- двері на маршруті евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу. Установка дверей з відчиненням усередину дозволяється, тільки якщо

в приміщення працює не більше 15 осіб. Двері аварійного виходу не повинні бути облаштовані зовнішніми замками;

- килими та інше аналогічне покриття підлоги у приміщеннях з перебуванням великої кількості осіб повинні міцно закріплюватися до підлоги для того, щоб не заважати при русі;

- сходові клітини повинні бути облаштовані захисними огорожами та поручнями;

- елементи опалення, електрощітки та сміттєпроводи, що встановлені на сходових клітинах, не повинні ускладнювати рух людей і займати надмірну площу;

- закриті коридори, проходи та сходи необхідно обладнати елементами штучного освітлення. Лампи аварійного освітлення повинні включатись автоматично;

- у будівлях, де одночасно можуть перебувати понад 100 осіб, аварійні виходи мають бути освітлені білими покажчиками «вихід», закріпленими на зеленому фоні. Такі покажчики підключаються до систем аварійного освітлення і при проведенні евакуації повинні самостійно вмикатись. У театральних, виставкових, актових залах та інших приміщеннях аналогічного типу, їх слід вмикати на весь час перебування людей;

- на випадок відключення аварійної електроенергії робочий персонал закладу має бути забезпечений додатковими ліхтарями.

Забороняється:

- встановлювати на маршрутах евакуації пороги, турнікети, автоматичні двері та інші пристрої, які можуть зашкодити вільній евакуації людей;

- заставляти шляхи евакуації меблями, устаткуванням, коробками та іншими речами особистого чи загального користування;

- вішати навісні замки, болтові з'єднання та встановлювати інші системи зовнішнього зачинення дверей;

- облицьовувати стіни та стелі коридорів евакуації горючими матеріалами;
- знімати встановлені на балконах (лоджіях) протипожежні зовнішні драбини;
- улаштовувати на сходових клітинах кіоски, ятки, прокладати через них газо-, трубо- або повітропроводи;
- робити засклення або закладання жалюзі і отворів повітряних зон на незадимлюваних сходових майданчиках;
- знімати передбачені проектом двері вестибюлів, холів, тамбурів і сходових майданчиків;
- замінити армоване скло на звичайне у дверях та фрамугах всупереч передбаченому за проектом;
- знімати пристрої для самозачинення дверей сходових майданчиків, коридорів, холів, тамбурів тощо, а також фіксувати самозакривні двері у відчиненому положенні;
- зменшувати нормативну площу фрамуг у зовнішніх стінах сходових клітин або повністю закладати їх;
- розвішувати на сходових клітинах масивні стенди чи плакати;
- улаштовувати підлогу зі слизьких матеріалів на маршрутах евакуації.

Список використаної літератури

1. Михайлов А.К., Малюшенко В.В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. М.: Машиностроение, 1977.
2. Конструирование и расчет центробежных насосов высокого давления. Малюшенко В.В. – М.: Машиностроение, 1971.
3. Лопастные насосы : Справочник /В.А. Зимницкий, А.В. Каплун, А.Н. Папир, В.А. Умов. – Л.: Машиностроение. Ленингрд. отд-ние, 1986.
- 4.Общетеchnический справочник /Е.А. Скороходов и др. – 4-е изд.,- М.: Машиностроение, 1990.
6. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: Учебное пособие для машиностроительных вузов. – М.: Высшая школа, 1985.
7. Биргер И.А., Шор Б.Ф. Расчет на прочность деталей машин. 3 издание. – М.: Машиностроение, 1979.
9. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.sop.com.ua/article/206-qqq-16-m6-13-06-2016-nebezpechn-ta-shkdliiv-virobnich-faktori>
10. ДНАОП 0.00-1.07–94 «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» (зі змінами та доповненнями). Електронний ресурс. Режим доступу: <https://leg.co.ua/knigi/pravila/pravila-budovi-ta-bezpechnoyi-ekspluataciyi-posudin-scho-pracyuyut-pid-tiskom.html>
11. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.sop.com.ua/article/387-qqq-17-m3-02-03-2017-vimogi-pojejno-bezpeki-do-shlyahv-evakuats>