

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Микола СОТНИК

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»,

освітньо-професійної програми «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідро пневмоавтоматика»)

на тему: **Розробка вертикального насоса типу Turo**

Здобувача групи ГМмз-21с Миронов Олексій Іванович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Миронов Олексій Іванович

Керівник

доцент каф. ПГМ,

канд. техн. наук, доцент

Віталій ПАНЧЕНКО

Суми – 2023

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
прикладної гідроаеромеханіки
_____ Сотник М.І.
“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до випускної роботи бакалавра студенту

Миронов Олексій Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема роботи - «Розробка вертикального насоса типу Turbo»**
затверджена наказом по університету від 20.11.2023 р. №1296-VI
- 2. Термін здачі студентом закінченої роботи - 20.12.2023 р.**
- 3. Вихідні дані до проекту:**
параметри насосу:
подача насоса $Q_n = 55 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H_n = 16 \text{ м}$, частота обертів $n_n = 1500 \text{ об/хв.}$,
густина $\rho_n = 1050 \text{ кг/м}^3$.
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):**
гідравлічні розрахунки проточної частини насоса, розрахунки з вибору електродвигуна, розрахунок кінцевого ущільнення, розрахунки на міцність (розрахунок валу, шпонок), розрахунки з вибору підшипників, розділ з охорони праці, розділ з економіки
- 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**
монтажне креслення насосного агрегату, складальне креслення насосу, теоретичне креслення відводу, креслення робочого колеса

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Найменування етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика консольних насосів	до 21.10.2023	
2	Вибір конструктивної схеми насоса		
3	Опис конструкції вибраного насоса		
4	Гідравлічні розрахунки		
5	Теоретичне креслення робочого колеса		
6	Виконання розділу «Охорона праці»		Керівник
7	Виконання економічного розділу		Керівник
8	Оформлення звіту з практики		
9	Розрахунки з вибору електродвигуна	до 25.10.2023	
10	Розрахунок кінцевого ущільнення		
11	Розрахунки на міцність		
12	Розрахунки з вибору підшипників		
13	Креслення робочого колеса	до 30.10.2023	
15	Складальне креслення насоса	до 15.11.2023	Керівник
17	Оформлення РПЗ та графічних матеріалів	до 09.12.2023	
18	Представлення роботи керівнику. Внесення поправок.	до 10.12.2023	
19	Перевірка роботи на плагіат.	до 15.12.2023	
20	Час для попереднього захисту. Підготовка доповіді до захисту.	до 15.12.2023	
21	Розміщення роботи в репозитарій. Отримання рецензії.	до 20.12.2023	
22	Захист роботи в ЕК (згідно графіка захисту).	з 22.12.2023 до 25.12.2023	До захисту робота допускається після перевірки на плагіат

Дата видачі завдання - 10.10.2023 р.

Студент _____

Миронов О.І.

Керівник _____

Панченко В.О.

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка: 44 с., 8 рисунків, 3 таблиці, 30 літературних джерел.

Тема дипломного проекту «Розробка вертикального насоса типу Туро»

Графічні матеріали: 4 аркуша формату А1:

креслення робочого колеса, складальне креслення насоса, теоретичне креслення відводу, монтажне креслення насосного агрегату

Мета проекту – розробка вертикальної конструкції вільновихрового насосу типу TURO.

Відповідно до поставленої мети було:

- обґрунтовано вибір конструктивної схеми насоса;
- виконано опис конструкції;
- виконано гідравлічні розрахунки;
- виконано вибір кінцевого ущільнення насоса;
- виконано розрахунок насоса на кавітацію;
- виконано розрахунки на міцність: валу, шпонкових з'єднань;
- виконано розрахунок підшипників насоса;
- вибрана з'єднувальна муфта.

У розділі з економіки розглянуто організацію інвестиційної діяльності підприємства.

У розділі із охорони праці розглянуто способи ідентифікації шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Ключові слова: НАСОС, ВИХРОВИЙ ПРОЦЕС, РОБОЧЕ КОЛЕСО, ПРОТОЧНА ЧАСТИНА, ЧАСТОТА ОБЕРТАННЯ, НАПІР, ПАТРУБОК.

Реферат.....	Ошибка! Закладка не определена.
1 Опис конструкції вибраного насоса	6
2 Гідравлічні розрахунки	8
2.1 Розрахунок насосу.....	8
2.2 Розрахунок осьової та радіальної сили.....	12
2.3 Вибір кінцевого ущільнення.....	13
2.4 Розрахунок насоса на кавітацію	15
2.5 Розрахунок реакцій в опорах	16
2.6 Вибір підшипників	18
2.7 Розрахунок вала на міцність	19
2.8 Перевірка міцності шпонкового з'єднання	20
6 Розділ з охорони праці	22
7 Економічний розділ.....	27
Список використаної літератури	32

1 Опис конструкції вибраного насоса

На сьогоднішній день відомо, що вільновихрові насоси завдяки своїм конструктивним особливостям, які досить сильно відрізняють їх від відцентрових насосів, мають ряд переваг перед ними. До таких переваг можна віднести наступні [30]:

- здатність перекачувати рідинні суміші із великою часткою газової фракції;
- здатність перекачувати рідинні суміші із великою часткою твердої фракції (при цьому максимальний розмір твердих часток фактично обмежений діаметром усмоктувального трубопроводу вільновихрового насоса);
- здатність стабільно працювати в умовах низького кавітаційного запасу на вході у вільновихровий насос.

Усі ці переваги дозволяють ефективно використовувати вільновихрові насоси в умовах, коли використання інших типів насосів (відцентрових, осьових, об'ємних тощо) є мало ефективним, або ж узагалі неможливим [30].

Проте не можна не сказати й про недоліки, які притаманні усім типам вільновихрових насосів. Серед таких недоліків головним є досить таки низьке значення коефіцієнту корисної дії, який є меншим від коефіцієнту корисної дії відцентрового насоса у півтора – два рази. Отже за усіх однакових умов відцентровий насос є більш економічно вигідним ніж найкращий з вільновихрових насосів. Проте цілком очевидно, що існують галузі, в яких використання відцентрового насоса є недоцільним у зв'язку з його малою довговічністю, нестабільністю роботи, нездатністю зберегти неушкодженим перекачуваний продукт тощо. Саме у таких випадках вільновихровий насос виходить на перший план та відтісняє свого конкурента, незважаючи на усі свої очевидні недоліки [30].

Існують декілька принципово відмінних конструктивних схем вільновихрового насоса. Серед них найбільшого поширення набуло схема Turbo,

у якій робоче колесо вільновихрового насоса є повністю «утопленим» у ніші задньої стінки корпусу. Така конструкція є простою з точки технології виготовлення [30].

Базовою деталлю вільновихрового насоса є корпус, виготовлений методом лиття. Проточна частина корпусу – кільцева. Вхідний патрубок насоса – осьовий. Вихідний патрубок насоса – тангенціальний. На вхідному та напірному патрубку насоса відлиті пласкі фланці, призначені для приєднання відповідно всмоктувального та напірного трубопроводів. Фланці мають отвори для кріпильних деталей (болтів, шпильок тощо). Робоче колесо насоса складається із втулки з отвором для встановлення на вал, диску, лопатей. Лопаті радіальні пласкі. У отворі виконано шпонковий паз. Ротор насоса складається з валу, робочого колеса, захисної втулки, підшипників кочення, півмуфти насоса. Опорами ротора слугують шарикові підшипники кочення, встановлені у розточуваннях литого кронштейну. Змащування підшипників рідке.

Насос встановлюють вертикально на відповідні отвори у корпусі насоса. Осьове навантаження на ротор спрямоване униз і його сприймає нижній радіально-упорний підшипник. Радіальні сили сприймають нижній та верхній підшипники. Муфта насоса – пружна втулково-пальцева. Кінцеве ущільнення насоса – сальникове з набивкою. Підшипники закриті кришками із встановленими у них манжетами.

Аналіз літературних джерел свідчить, що застосування вертикальної конструкції насоса дозволяє зменшити радіальні навантаження на підшипники насоса, покращити його динаміку та відповідно збільшити ресурс насоса, його довговічність [13].

Вільновихровий насос такої конструкції може бути застосований у комунальному хазяйстві, у тваринництві, різних галузях промисловості, там де є необхідність перекачувати сильно забруднену воду з резервуарів, розміщених нижче від рівня поверхні.

2 Гідравлічні розрахунки

2.1 Розрахунок насосу

Розрахунок ведемо за рекомендаціями, викладеними у джерелі [30].

1. Визначаємо коефіцієнт швидкохідності насоса

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \sqrt{Q}}{H^{0,75}}$$
$$n_s = \frac{3,65 \cdot 1500 \sqrt{55}}{60 \cdot 16^{0,75}} = 85$$

2. Визначаємо ККД та відносну ширину вільної камери насоса за графіком рис. 10 [1]: $\eta = 0,5$, $\bar{B} = 0,25$ Виходячи з рекомендацій [30] приймаємо для робочого колеса насоса із пласкими радіальними лопатями: відносне значення діаметру входу робочого колеса $\bar{D}_1 = 0,2$, відносна ширина лопаті колеса на виході $\bar{b}_2 = 0,2$, кількість лопатей $z=10$, відносна товщина лопаті $\bar{\delta} = 0,02$.

3. Розрахуємо зовнішній діаметр робочого колеса насоса, користуючись виразом:

$$D_2 = \frac{A}{n} \sqrt{H}, \quad (2.1)$$

де A – коефіцієнт, який розраховується за формулою:

$$A = \left[\frac{\eta_{\text{мех}}}{K \eta F_1 F_2} \right]^{1/2}, \quad (2.2)$$

де $\eta_{\text{мех}}$ – механічний ККД насоса, приймаємо $\eta_{\text{мех}}=0,975$;

$K=7,167 \cdot 10^{-3}$ – постійний коефіцієнт;

η – ККД насоса, прийнятий раніше;

F_1 – функція, яка враховує вплив відносних розмірів робочого колеса насоса;

F_2 - функція, яка враховує вплив відносних розмірів відводу насоса;

$$A = \left[\frac{0,975}{7,167 \cdot 10^{-3} \cdot 0,51 \cdot 0,019 \cdot 2,41} \right]^{1/2} = 76,32$$

Підставляємо отримані дані у рівняння (2.1) та отримуємо:

$$D_2 = \frac{76,32}{1500} \sqrt{16} = 0,177 (\text{м}).$$

Приймаємо значення діаметру насоса:

$$D_2 = 0,18(\text{м}).$$

4. Розраховуємо абсолютні розміри робочого колеса насоса:

$$D_1 = \bar{D}_1 D_2,$$

$$b_2 = \bar{b}_2 D_2,$$

$$\delta = \bar{\delta} D_2,$$

(2.3)

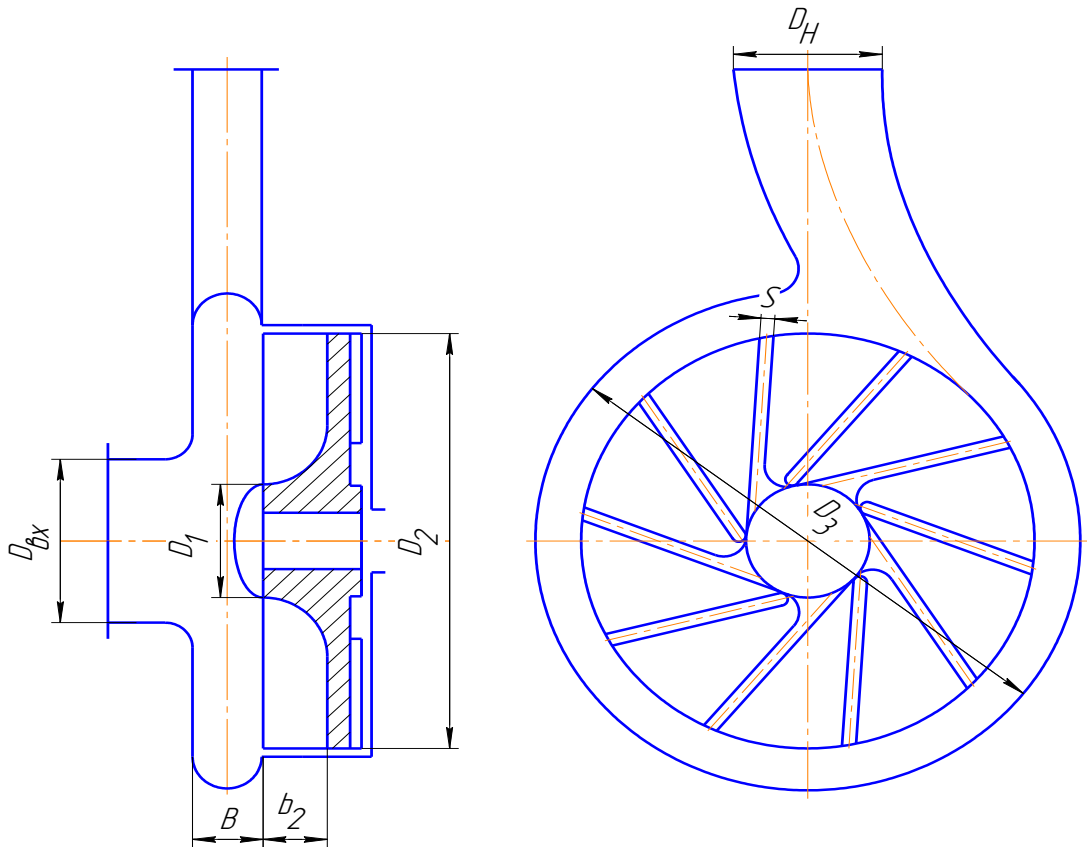


Рисунок 2.1 – Основні геометричні розміри проточної частини насоса

Де \bar{D}_1 , \bar{b}_2 , $\bar{\delta}$ - відносний діаметр входу робочого колеса насоса, відносна ширина лопатки робочого колеса насоса та відносна товщина лопатки робочого колеса насоса відповідно. Підставляємо значення та отримуємо:

$$D_1 = 0,2 \cdot 180 = 36(\text{мм})$$

$$b_2 = 0,2 \cdot 180 = 36(\text{мм})$$

$$\delta = 0,02 \cdot 180 \approx 4,0(\text{мм})$$

5. Знаходимо абсолютний розмір ширини вільної камери насоса:

$$B = \bar{B}D_2 \quad (2.4)$$

Де \bar{B} - відносна ширина вільної камери насоса.

$$B = 0,25 \cdot 180 = 45(\text{мм})$$

6. Визначаємо основні геометричні розміри кільцевого відводу насоса:

Відносний радіус розташування язика у відводі насоса:

$$D_{\text{яз}} = \bar{D}_{\text{яз}} D_2, \quad (2.5)$$

Де $\bar{D}_{\text{яз}}$ - відносний діаметр язика відводу насоса.

$$D_{\text{яз}} = 1,3 \cdot 180 = 234(\text{мм})$$

Діаметр кільцевого відводу насоса:

$$D_3 = D_2 + B, \quad (2.6)$$

$$D_3 = 180 + 45 = 225(\text{мм})$$

Діаметр вихідного патрубку відводу насоса:

$$D_6 = B, \quad (2.7)$$

$$D_6 = 45(\text{мм})$$

7. Розраховуємо вхідний діаметр насосу та перевіряємо умову:

Коефіцієнт вхідної швидкості:

$$k_{v0} = (0,2 \dots 0,25) \left(\frac{n_s}{100} \right)^{2/3}, \quad (2.8)$$

$$k_{v0} = (0,2 \dots 0,25) \left(\frac{85}{100} \right)^{2/3} = 0,179 \div 0,224$$

Приймаємо $k_{v0} = 0,202$

Швидкість у вхідному патрубку відводу насоса:

$$v_0 = k_{v0} \sqrt{2gH} \quad (2.9)$$

$$v_0 = 0,202 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 16} = 3,58 \text{ м/с.}$$

Діаметр входу у корпус насоса:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_0}} \quad (2.10)$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 55}{3,14 \cdot 3,58 \cdot 3600}} = 0,074(\text{м})$$

Приймаємо рекомендоване значення діаметру входу

$$D_0 = 0,075(\text{м})$$

Умова виконується $D_0 \geq B$; $75 \geq 45$.

8. Визначаємо потужність насоса на робочому режимі та вибираємо приводний електродвигун:

$$N = \frac{\rho g Q H}{1000 \eta}, \quad (2.11)$$

Де ρ – густина робочої рідини;

$$N = \frac{1050 \cdot 9,81 \cdot 55 \cdot 16}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,475} = 5,31(\text{кВт})$$

Потужність приводного електродвигуна:

$$N_{e0} = kN, \quad (2.12)$$

Де k – коефіцієнт запасу потужності;

$$N_{e0} = 1,1 \cdot 5,31 = 5,84(\text{кВт})$$

Обираємо приводний трифазний асинхронний коротко замкнутий двигун 4А132S4 потужністю 7,5 кВт, із синхронною частотою обертання 1500 об/хв. Тоді його номінальна частота обертання буде рівною

$$n_{0e} = 1500 - 0,02 \cdot 1500 = 1470 \text{ об/хв.}$$

9. Визначаємо діаметр вала насоса:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{N \cdot 0,4896}{n \cdot [\tau_{кр}]}} \quad (2.13)$$

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{5,31 \cdot 0,4896}{1470 \cdot 100}} = 0,0261(\text{м})$$

Матеріал вала сталь 45. Приймаємо діаметр вала насоса, рівний 28 мм.

2.2 Розрахунок осьової та радіальної сили

Розрахунок ведемо за рекомендаціями, викладеними у джерелі [30].

1. Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{nD_2^2}{\nu}, \quad (2.14)$$

Де ν – кінематична в'язкість перекачуваної робочої рідини.

$$Re = \frac{1470 \cdot 0,18^2}{60 \cdot 1,02 \cdot 10^{-6}} = 0,778 \cdot 10^6$$

Отримане значення числа Рейнольдса лежить у межах $0,4 \cdot 10^6 < Re < 1,3 \cdot 10^6$. Тому для розрахунку коефіцієнта β та ψ_r використовуємо формулу:

$$\beta = 0,407 + \frac{0,361 \cdot 10^6}{Re} = 0,407 + \frac{0,361 \cdot 10^6}{0,778 \cdot 10^6} = 0,871$$

$$\psi_r = -0,105 + \frac{0,511 \cdot 10^6}{Re} = -0,105 + \frac{0,511 \cdot 10^6}{0,778 \cdot 10^6} = 0,552$$

2. Кутова швидкість обертання ротора насоса:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad (2.15)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1470}{30} = 153,9 (c^{-1})$$

3. Розраховуємо відносний радіус втулки:

$$\bar{R}_{em} = \frac{D_1}{D_2} \quad (2.16)$$

$$\bar{R}_{em} = \frac{0,036}{0,18} = 0,2$$

Приймаємо коефіцієнт $k=0,491$

4. Визначаємо результуючу осьову силу, яка діє на ротор насоса:

$$A = \pi \rho g H \left[\beta (R_2^2 - R_{em}^2) - \psi_r (R_2^2 - R_1^2) \right] - \frac{\pi}{4} k^2 \rho R_2^4 \omega^2 (1 - \bar{R}_{em}^2)^2$$

$$A = 3,14 \cdot 1050 \cdot 9,81 \cdot 16 \left[0,871 (0,09^2 - 0,018^2) - 0,552 (0,09^2 - 0,018^2) \right] - \frac{3,14}{4} \cdot 0,491^2 \cdot 1050 \cdot 0,09^4 \cdot 153,9^2 \cdot (1,1 - 0,2^2)^2 = 1728 (H)$$

5. Радіальну силу визначаємо за формулою:

$$R = k_r \left(1 - \left(\frac{Q}{Q_{onm}} \right)^2 \right) \rho H D_2 b_2 g, \quad (2.17)$$

Де $k_r=0,2$ – коефіцієнт для радіальної сили у вільновихровому насосі

$$R = 0,21 \cdot 1050 \cdot 16 \cdot 0,18 \cdot 0,036 \cdot 9,81 = 224 (H)$$

6. Осьова сила на імперелері насоса

$$T_{\text{ш}} = \frac{3}{8} \rho g \left(\frac{\pi D_{2u}^2}{4} - \frac{\pi d_{em1}^2}{4} \right) \left(\frac{U_2^2 - U_{em}^2}{2g} \right); \quad (2.18)$$

де D_{2u}^2 – зовнішній діаметр імпелера насоса

d_{em1} – внутрішній діаметр імпелера насоса

Розраховуємо швидкості за формулами

$$U_2 = \frac{\pi \cdot n \cdot D_{2u}}{60} \quad (2.19)$$

$$U_{em} = \frac{\pi \cdot n \cdot d_{em1}}{60}$$

де U_2, U_1 – швидкості на виході та на вході в імпелері насоса.

$$U_2 = \frac{3,14 \cdot 1470 \cdot 0,18}{60} = 13,8 \text{ (м/с)}$$

$$U_{em} = \frac{3,14 \cdot 1470 \cdot 0,041}{60} = 3,15 \text{ (м/с)}$$

$$T_n = \frac{3}{8} \cdot 1050 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,18^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,041^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{13,8^2 - 3,15^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 1537 \text{ (Н)}$$

7. Осьова сила, яка діятиме на ротор насоса:

$$\Delta A = A - T_n$$

$$\Delta A = 1728 - 1537 = 191 \text{ (Н)}.$$

2.3 Вибір кінцевого ущільнення

Розрахунок ведемо за рекомендаціями, викладеними у джерелі [1].

Для обраної конструктивної схеми насоса у якості кінцевого ущільнення валу використовуємо сальникове ущільнення (рис. 4.1)

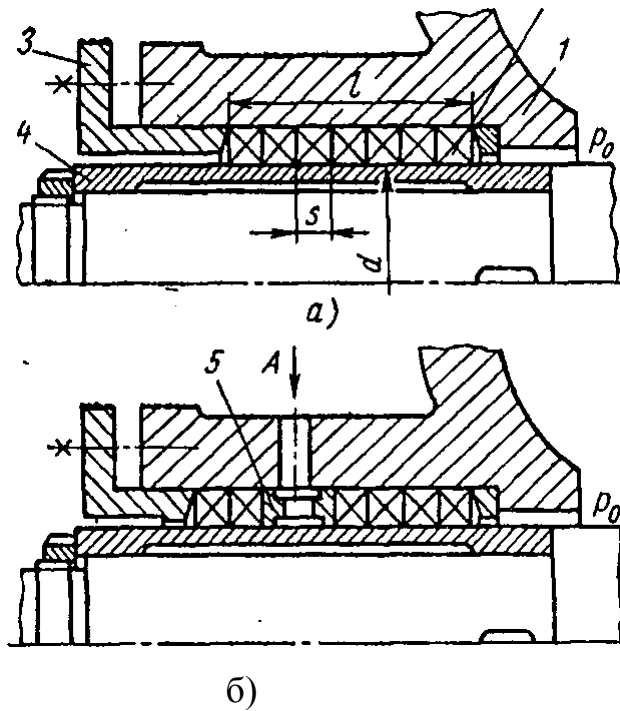


Рисунок 2.2 - Схема сальникового ущільнення насоса
а)-без промивки; б)-з промивкою;

Вибираємо сальникове ущільнення насоса за схемою- б).

Для надійної роботи насоса необхідно забезпечити підпір на вході в насос. Підпір, вимірний у всмоктувальному патрубку, повинен бути не менше ніж 1 м. З метою захисту сальникового ущільнення насоса від його зносу у вузол ущільнення насоса подається запірні рідина під тиском, який перевищує тиск на виході з насоса на 0,05 МПа. У якості запірної перекачуваної рідини використовується технічно чиста вода з температурою не вище ніж 40°C. Витрати запірної води, яка подається до сальника насоса 0,01м³/год. Згідно [3] товщина кільця сальникової набивки:

$$S = \sqrt{d} \quad (2.20)$$

Де d – діаметр валу насоса в місці набивки сальника (d = 41 мм)

$$S = \sqrt{41} = 6,4(мм)$$

Приймаю S=8 мм.

Довжина сальникового ущільнення насоса дорівнює:

$$L = iS, \quad (2.21)$$

Де i – кількість кілець сальникової набивки ($i=4$)

$$L = 4 \cdot 8 = 32 \text{ (мм)}$$

Згідно ДСТУ 5152 обираємо сальникову набивку з одношаровим обплетенням марки АПІ 8x8.

2.4 Розрахунок насоса на кавітацію

Розрахунок ведемо за рекомендаціями, викладеними у джерелі [30].

Для розрахунку вільновихрового насоса на кавітацію приймають коефіцієнт Руднєва.

$$c = \frac{5,65 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\Delta h_{кр}^{3/4}}, \quad (2.22)$$

де n – частота обертання, об/хв.;

Q – подача насоса, m^3 / c ;

$\Delta h_{кр}^{3/4}$ – критичний кавітаційний запас для першого режиму, м.

Виникнення кавітації у лопатевих насосів насамперед пов'язано з висотою їх всмоктування. Перед пуском насоса в роботу трубопровід повинен бути повністю заповнений водою. Перший критичний режим кавітації відноситься до появи перших ознак впливу кавітації на характеристику насоса. Практично кавітація настає раніше, але вона носить локальний характер. Коефіцієнт C змінюється в межах 800...1000.

З формули (6.1) знаходимо значення критичного кавітаційного запасу для першого критичного режиму.

Розрахуємо кавітаційний запас насоса за формулою:

$$\Delta h_{кр} = \sqrt[3/4]{\frac{5,62 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{c}} \quad (2.23)$$

$$\Delta h_{кр} = \sqrt[3/4]{\frac{5,62 \cdot 1470 \cdot \sqrt{55}}{800 \dots 1000}} = 1,25 \dots 0,76 \text{ (м)}$$

Кавітаційний запас для першого критичного режиму в даному насосі лежить в межах від 1,31 до 0,89м.

2.5 Розрахунок реакцій в опорах

Розрахунок ведемо за рекомендаціями, викладеними у джерелі [1].

Із попередніх розрахунків маємо значення радіальної сили: $R=224$ Н.

Осьову силу визначаємо як суму сил (гідравлічної сили та ваги ротора)

$$A = \Delta A + m_p \cdot g,$$

де $m_p=32,5$ кг – маса ротора насоса.

$$A = \Delta A + m_p \cdot g = 191 + 32,5 \cdot 9,81 = 510 \text{ Н}$$

Розраховуємо реакції опор за схемою:

Для визначення реакції в підшипникових опорах складаємо рівняння моментів сил відносно точок опор.

R_A и R_B – реакції в опорах А та В.

Розміри валу вільновихрового насоса: $l_1 = 138$ мм; $l_2 = 149$ мм;

$$\Sigma M_A = R \cdot l_1 - R_B \cdot l_2 = 0; \quad (2.24)$$

$$R_B = \frac{R \cdot l_1}{l_2} = \frac{224 \cdot 138}{149} = 207 \text{ (Н)} \quad (2.25)$$

$$\Sigma M_B = R \cdot (l_1 + l_2) - R_A \cdot l_2 = 0; \quad (2.26)$$

$$R_A = \frac{R \cdot (l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{224 \cdot (138 + 149)}{149} = 431 \text{ (Н)} \quad (2.27)$$

Перевірка правильності розрахунків

$$\Sigma F = 0;$$

$$R - R_A + R_B = 0;$$

$$224 - 431 + 207 = 0$$

Умова виконується. Отже розрахунки виконані правильно.

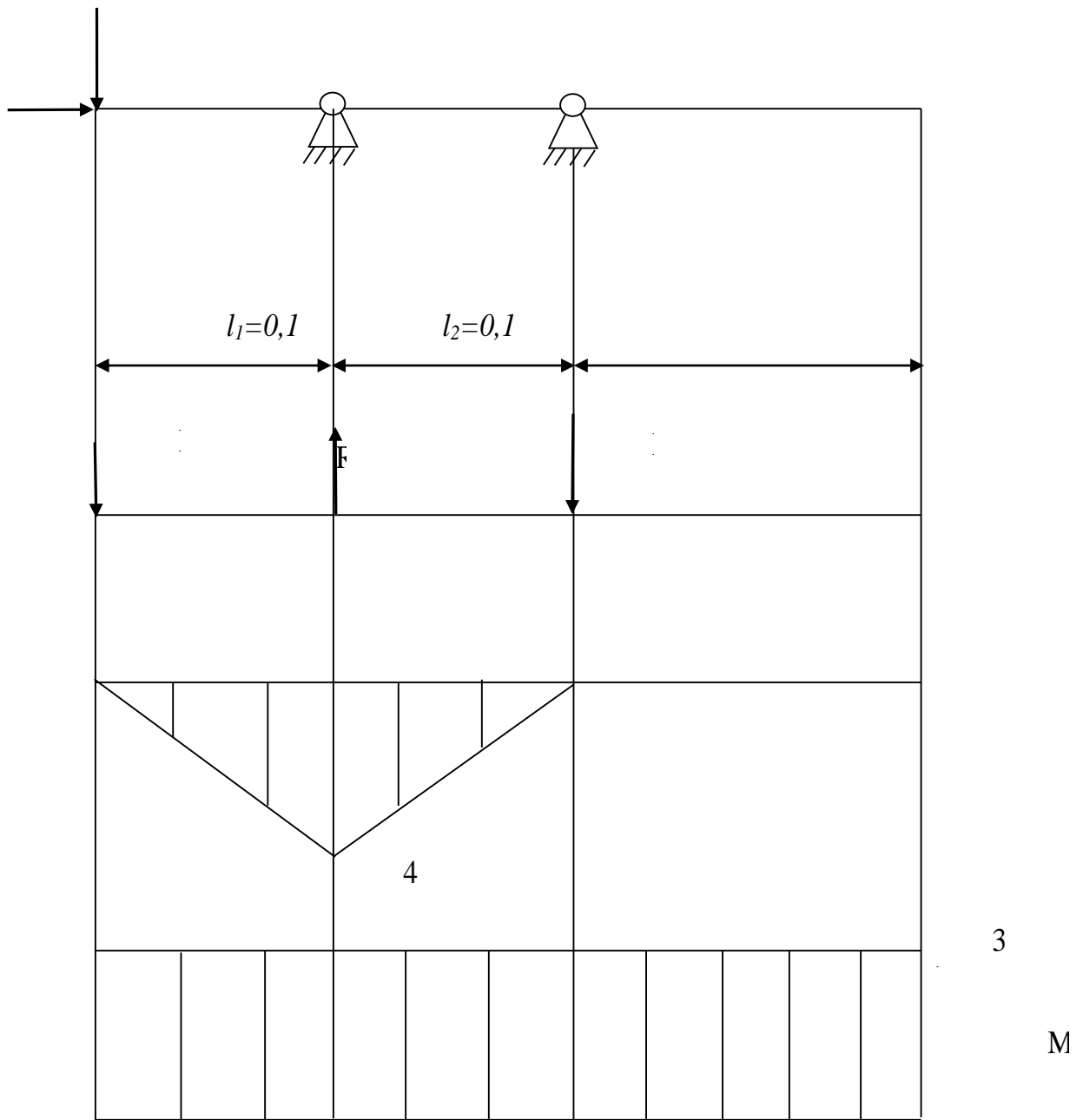


Рис. 2.3. - Приблизний розрахунок валу вільновихрового насоса

2.6 Вибір підшипників

Розрахунок ведемо за рекомендаціями, викладеними у джерелі [1].

Підбираємо підшипники за більш навантаженою опорою насоса А.

Радіальне навантаження на підшипник: 431 Н.

Осьове навантаження на підшипник: 510 Н.

Попередньо обираємо радіально-упорні кулькові підшипники 309: $d=35$ мм, $D=72$ мм, $B=18$ мм, $C=19,1$ кН, $C_0=14,2$ кН.

Еквівалентне навантаження знаходимо за формулою:

$$P = (XVR_A + YA)k_\sigma k_m \quad (2.28)$$

$V=1,3$ – коефіцієнт для обертання внутрішнього кільця;

$X=1$ – коефіцієнт вибраний за табл. 9.18 [9];

$k_\sigma=1,4$ – коефіцієнт вибраний із табл. 9.19 [9];

$k_m=1,35$ – коефіцієнт вибраний із табл. 9.20 [9];

$$P_E = (1 \cdot 1,3 \cdot 510 + 1,45 \cdot 431) \cdot 1,4 \cdot 1,35 = 2434 (H)$$

1. Розрахункова довговічність в млн. об. знаходиться за формулою:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^{10/3} \quad (2.29)$$

$$L = \left(\frac{19100}{2434} \right)^{10/3} = 960 (\text{млн.об})$$

2. Визначаємо довговічність підшипника в год.:

$$L_n = \frac{10^6 L}{60n} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (2.30)$$

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot 1470} \cdot 960 = 21884 \text{ год}$$

Ресурс насоса становить 20 тис. год. Отже робимо висновок, що довговічність підшипників забезпечується.

2.7 Розрахунок вала на міцність

Розрахунок ведемо за рекомендаціями, викладеними у джерелі [1].

1. Крутний момент у попеченому перетині

$$M = \frac{30N}{\pi n} = \frac{30 \cdot 5,31 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1470} = 34,51 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Діаметр валу вільновихрового насоса дорівнює $d=28$ мм.

Діаметр під підшипниками вільновихрового насоса $d_{\text{п}}=35$ мм.

2. Перетин А-А. У цьому перетині концентрацію напружень викликає наявність пазу для шпонки.

Коефіцієнт запасу міцності:

$$s = s_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_v + \psi_{\tau} \tau_m} \quad (2.31)$$

Де амплітуда та середнє напруження від нульового циклу

$$\tau_v = \tau_m = \frac{\tau_{\text{max}}}{2} = \frac{M}{2W_k} \quad (2.32)$$

При $d=28$ мм, $b=8$ мм, $t_1=4$ мм.

$$W_k = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt_1(d-t_1)^2}{2d} \quad (2.33)$$

$$W_k = \frac{3,14 \cdot 28^3}{16} - \frac{8 \cdot 4(28-4)^2}{2 \cdot 28} = 3979 \text{ (мм}^3\text{)}$$

Тоді розраховуємо

$$\tau_v = \tau_m = \frac{34,51 \cdot 10^3}{2 \cdot 3979} = 4,34 \text{ (МПа)}$$

Приймаємо $k_{\tau}=1,71$, $\varepsilon_{\tau}=0,69$ та $\psi_{\tau}=0,12$. Розраховуємо:

$$s = s_{\tau} = \frac{180}{\frac{1,71}{0,69} \cdot 4,34 + 0,12 \cdot 4,34} = 11,96;$$

$$11,96 > [s]$$

Оскільки $[s]=2,5$, то можемо вважати, що умова міцності валу вільновихрового насосу виконується.

2.8 Перевірка міцності шпонкового з'єднання

Розрахунок ведемо за рекомендаціями, викладеними у джерелі [1].

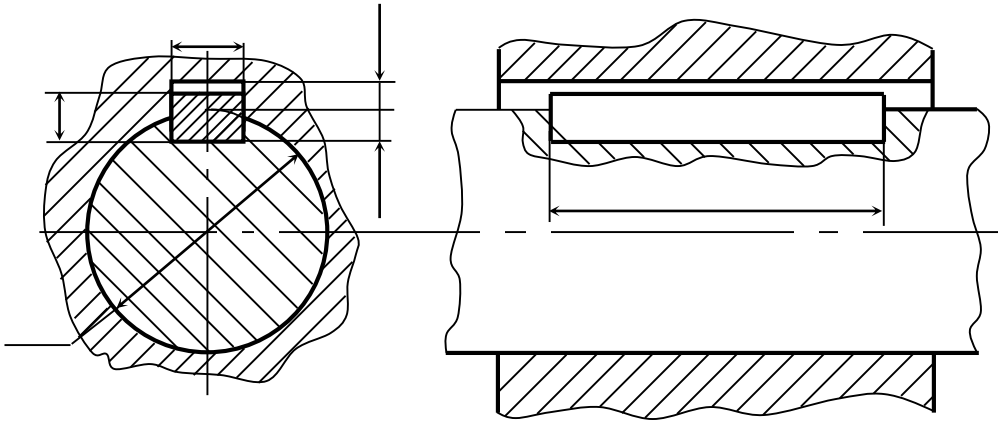


Рис. 2.4. - Схема шпоночного з'єднання

1. Перевіряємо на міцність шпонку розміщену під робочим колесом. У цьому місці діаметр вала рівний $d=25$ мм, переріз та довжина шпонки $b \times h \times l=8 \times 7 \times 45$, глибина паза $t_2=4$ мм, $t_1=3,3$.

2. Момент на валу буде рівним:

$$M = \frac{N}{\omega} \quad (2.34)$$

$$M = 34,51(\text{Н} \cdot \text{м})$$

3. Напруження зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{2M}{d(h-t_1)(l-b)} \quad (2.35)$$

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 34,51 \cdot 10^3}{28(8-4) \cdot (45-8)} = 16,66(\text{МПа})$$

Допустиме напруження зминання за сталевій ступиці дорівнює 100-120 МПа, тому можемо вважати, що умова міцності $\sigma_{см} \leq [\sigma_{см}]$ шпонкового з'єднання робочого колеса вільновихрового насосу з валом виконана.

2.9 Вибір муфт

Для з'єднання валу вільновихрового насоса з валом привідного електричного двигуна вибираємо муфту пружну втулково-пальцеву МПВП-150-28-1.2-30-1.2-УЗ ДСТУ 21424.

Оскільки момент, що передається муфтою $T = 34,51 \text{ Н}\cdot\text{м}$ не перевищує допустимий $[T] = 150 \text{ Н}\cdot\text{м}$, перевірочний розрахунок муфти не виконуємо.

6 Розділ з охорони праці

Способи ідентифікації шкідливих та небезпечних виробничих факторів

На будь-якому промисловому підприємстві з метою подальшого запобігання дії небезпечних та/або шкідливих виробничих факторів необхідно провести спеціалізовані вимірювання та дослідження на робочих місцях у технологічних лініях підприємства з метою ідентифікації вказаних факторів. Таку ідентифікацію мають право проводити експерти спеціалізованої організації. Експерт на місці ідентифікації шкідливих та/або небезпечних виробничих факторів у першу чергу має визначити перелік наявних на виробництві шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які необхідно буде дослідити та виміряти (визначити їх кількісні параметри). З цією метою експерт має співставити наявні безпосередньо на робочому місці технологічної лінії виробничого промислового підприємства фактори виробничого середовища та трудового виробничого процесу з відповідними факторами з наявного класифікатора, передбаченого для даної конкретної галузі. У тому разі, коли виявлені сертифікованим експертом шкідливі та небезпечні виробничі фактори співпадають із наведеними у відповідному класифікаторі, тоді їх визнають власне ідентифікованими на даному конкретному виробничому підприємстві (технологічній лінії, виробничій ділянці тощо). Порівняння наявних на виробництві шкідливих та/або небезпечних виробничих факторів із наведеними у класифікаторі виконують за затвердженими методиками [16].

У певних визначених законом випадках таку ідентифікацію шкідливих та небезпечних виробничих факторів можуть не проводити. Так не проводять ідентифікацію небезпечних та шкідливих факторів для [15]:

- робочих місць робітників промислового підприємства, професії, посади та спеціальності яких було внесено до відповідних переліків відповідних робіт, типів виробництв, професій, посад, спеціальностей та установ, з урахуванням яких відбувається призначення дострокових пенсій працівникам по досягненню похилого віку;

- робочих місць працівників виробничих підприємств, у зв'язку з роботою на яких робітникам даного конкретного виробничого підприємства надають відповідні гарантії

та/або компенсації за виконання своїх службових обов'язків в умовах постійного або періодичного контакту з шкідливими або ж небезпечними умовами праці;

– робочих місцях робітників промислових підприємств, на яких згідно із результатами попередньо проведених атестацій робочих місць за наявними на цьому підприємстві умовам праці або спеціальної оцінки умов праці на цьому промисловому підприємстві було виявлено шкідливі або небезпечні для людини (робітника промислового підприємства або ж сторонньої особи) умови праці.

Ідентифікація небезпечних та/або шкідливих виробничих факторів на промисловому підприємстві здійснюють у декілька етапів, а саме [20]:

– виявлення та опис наявних у технологічній лінії на робочому місці робітника промислового підприємства факторів виробничого середовища і трудового процесу, які потенційно можуть бути (або уже є) джерелом шкідливих або небезпечних факторів;

– співставлення та виявлення співпадінь наявних на виробництві у технологічній лінії та на робочому місці працівника промислового підприємства факторів виробничого середовища і трудового процесу із факторами виробничого середовища і трудового процесу, передбаченими відповідним класифікатором шкідливих та/або небезпечних виробничих факторів;

– прийняття відповідальною особою (сертифікованим експертом) рішення про необхідність подальшого проведення досліджень і вимірювань наявних на даному промисловому підприємстві шкідливих та/або небезпечних виробничих факторів;

– виконання необхідних вимірювань та досліджень попередньо виявлених на даному промисловому підприємстві шкідливих та/або небезпечних виробничих факторів;

– оформлення звіту з результатами роботи сертифікованого експерта та висновками щодо проведених досліджень та вимірювань.

Для того, щоб у повній мірі можна було виявити абсолютно усі потенційно небезпечні та шкідливі фактори на робочому місці у промисловому підприємстві, а також їхні джерела, власник даного промислового підприємства має надати сертифікованому експерту з проведення досліджень наступний перелік документів [17]:

– технічну документацію наявне на даному промисловому підприємстві виробниче обладнання (машини, механізми, інструменти та технологічні пристосування), які робітники цього промислового підприємства використовують на своєму робочому місці під час реалізації технологічного процесу з виготовлення промислової продукції;

– технологічну документацію, яка відображає у повній мірі усі особливості (параметри та характеристики) технологічного процесу, який реалізовується на даному промисловому підприємстві;

– посадові інструкції та усі інші документи, які регламентують обов'язки робітника промислового підприємства;

– проекти будівництва та реконструкції (за наявності) виробничих об'єктів (будівель, споруд, виробничих та/або невиробничих приміщень цього підприємства);

– характеристики (параметри) матеріалів та сировини, які приймають участь у реалізації виробничого технологічного процесу на даному підприємстві (зокрема й ті, що були встановлені за результатами попередньо проведених токсикологічних, санітарно-гігієнічних, медико-біологічних та/або інших досліджень);

– декларації та сертифікати відповідності наявних на даному промисловому підприємстві обладнання, машин, механізмів, інструментів та технологічних пристосувань, технологічних процесів, речовин, матеріалів, сировини встановленим вимогам та нормам щодо наявності (величини) у них шкідливих та потенційно небезпечних факторів;

– результати попередньо проведених на даному промисловому підприємстві та його технологічних лініях і робочих місцях досліджень та вимірювань шкідливих та/або небезпечних виробничих факторів (у разі проведення таких досліджень та вимірювань).

Сертифіковані експерти проводять досліджень робочих місць у технологічних лініях промислового підприємства щодо наявності на них потенційно небезпечних та/або шкідливих факторів за спеціальними методиками. При цьому можна виділити основні способи проведення таких робіт [15]:

– огляд робочого місця;

- вивчення роботи, яку робітник даного промислового підприємства виконує під час свого штатного режиму роботи;
- опитування робітників даного промислового підприємства та його безпосередніх керівників.

Після того, як усі шкідливі та/або небезпечні виробничі фактори на промисловому підприємстві було виявлено та ідентифіковано, спеціальна комісія має прийняти обґрунтоване рішення щодо проведення їхнього подальшого дослідження та вимірювання у порядку, визначеному спеціальною методикою. Такі дослідження та вимірювання мають право проводити лише сертифіковані працівники у спеціальній лабораторії та із застосуванням відповідного обладнання [18].

Оцінку рівня впливу попередньо визначених, вимірених та ідентифікованих шкідливих та небезпечних виробничих факторів на організм людини (робітника промислового виробничого підприємства, або сторонню особу) необхідно завжди та обов'язковому порядку проводити з урахуванням наявних відхилень їх фактичних значень від відповідних встановлених гігієнічних нормативів [15].

Результати роботи комісії (результати ідентифікації шкідливих та небезпечних виробничих факторів) заносять у відповідний розділ звіту про проведення на промисловому виробничому підприємстві спеціальної оцінки умов праці працівників промислового підприємства.

За результатами проведених на промисловому виробничому підприємстві досліджень та вимірювань шкідливих та небезпечних факторів сертифікований експерт своїм відповідальним рішенням присвоює (підклас) умов праці робітників на їхньому робочому місці у даному промисловому підприємстві [20].

Клас умов праці встановлюють за результатами попередньо проведених вимірювань та досліджень шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які було ідентифіковано (виявлено та виміряно) на робочому місці у технологічній лінії промислового виробничого підприємства. Експерти відповідної уповноваженої та сертифікованої організації мають у обов'язковому порядку проводити дослідження та вимірювання потенційно небезпечних та/або шкідливих виробничих факторів згідно із

прийнятими та затвердженими методиками вимірювань та випробувань із дотриманням усіх обмежень, визначених цими методиками [16].

7 Економічний розділ

Організація інвестиційної діяльності підприємства

Під інвестиціями у найбільш широкому розумінні означає грошові, майнові, інтелектуальні та іншого виду або типу вкладення у різноманітні об'єкти підприємницької та інших видів діяльності, призначених для отримання грошового або ж іншого виду прибутку підприємством машинобудівної галузі або ж з метою досягнення позитивного та стабільного соціального ефекту. Згідно з Законом України «Про інвестиційну діяльність» до такого роду цінностей можна віднести наступні категорії:

- Банківські вклади, акції та інші цінні папери;
- Рухоме майно;
- Нерухоме майно;
- Майнові права на об'єкти права інтелектуальної власності (винаходи, корисні моделі, промислові зразки, торгові марки, комерційна таємниця, секрети виробництва, ноу-хау);
- Права на користування земельними, водними та іншими природними ресурсами;
- Права на користування будівлями та спорудами;
- Права на користування обладнанням та устаткуванням (технологічним або нетехнологічним);
- Інші майнові права та цінності.

За своєю об'єктивною формою усі інвестиції можна розділити на дві основні групи: реальні інвестиції та фінансові інвестиції.

Під реальними інвестиціями зазвичай розуміють усі вкладення у матеріальні або ж нематеріальні активи, які є необхідними для здійснення самого технологічного процесу з виготовлення продукції на виробничому підприємстві машинобудівної галузі.

Під інвестиціями у матеріальні активи у найширшому сенсі розуміють вкладення різного виду та типу засобів безпосередньо у основні виробничі фонди підприємства, а саме:

- Виробниче обладнання та устаткування, призначене для здійснення основного та допоміжних технологічних процесів з виготовлення промислової продукції;
- Будівлі та споруди, у яких безпосередньо відбувається технологічний процес на даному машинобудівному підприємстві;
- Інші матеріальні цінності (сировина, комплектуючі частини, допоміжні матеріали, витратні матеріали тощо).

Якщо говорити про нематеріальні активи промислового підприємства, то можна сказати, що до їхнього складу слід віднести інноваційні та інтелектуальні інвестиції.

Під інноваційними інвестиціями зазвичай розуміють вкладення у новітні розробки, які за комплексом своїх показників переважають вже існуючі та наявні на ринку аналоги.

У свою чергу інтелектуальні інвестиції передбачають вкладення у створені та відповідним чином оформлені (шляхом отримання охоронних документів – патентів, свідоцтва тощо) об'єкти права інтелектуальної власності.

Передача патентного права означає передачу володільцем патенту належного йому майнового права іншій особі (особам). Володільць патенту може передати свої права будь-якій фізичній або юридичній особі.

Як відомо, одним з основних майнових прав інтелектуальної власності є право на використання об'єкту права інтелектуальної власності.

Під використанням об'єкту права інтелектуальної власності розуміють будь-які форми введення об'єкту права інтелектуальної власності у господарський обіг (виготовлення, застосування, продаж, зберігання з метою продажу тощо).

Розпорядження майновими правами інтелектуальної власності, зокрема на винаходи, корисні моделі, промислові зразки, здійснюються на основі наступних договорів:

- ліцензія на використання винаходу, корисної моделі, промислового зразка;
- патентна ліцензія;
- відкрита ліцензія;
- примусова ліцензія;
- субліцензія;
- безпатентна ліцензія.

Ліцензія на використання об'єкту патентного права. Особа, яка має виключне право дозволяти використання об'єкту права інтелектуальної власності, зокрема патентного права (ліцензіар), може надати іншій особі (ліцензіату) письмове повноваження, яке дасть їй право використовувати цей об'єкт у певній обмеженій сфері (ліцензію на використання об'єкту патентного права).

Ліцензія на використання об'єкту патентного права може бути оформлена як окремий документ або бути складовою частиною ліцензійного договору.

Ліцензія на використання об'єкту патентного права може бути:

- виключна;
- одинична;
- невиключна.

Виключну ліцензію видають лише одному ліцензіату і вона виключає можливість використання ліцензіаром об'єкту патентного права у сфері, яка обмежена цією ліцензією, а також можливість надавати іншим особам ліцензій на використання цього об'єкту в цій сфері.

Одиничну ліцензію видають лише одному ліцензіату і вона виключає можливість надання ліцензіаром іншим особам ліцензій на використання об'єкту патентного права у сфері, обмеженій цією ліцензією, але вона не виключає можливості використання самим ліцензіаром цього об'єкту в зазначеній сфері.

Невиключна ліцензія не виключає можливості використання ліцензіаром об'єкту права інтелектуальної власності у сфері, яка обмежена цією ліцензією, а також надання іншим особам ліцензій на використання цього об'єкту в зазначеній сфері.

На основі письмового договору ліцензіат може надати повноваження на використання об'єкту патентного права іншій особі (видати субліцензію).

Патентна ліцензія – ліцензія на об'єкти права промислової власності.

Відкрита ліцензія – надання права на використання винаходу, корисної моделі, промислового зразка на основі офіційної заяви власника патенту про готовність видати будь-якій зацікавленій особі дозволу на використання вказаного об'єкту інтелектуальної власності. Особа, яка має намір скористатися таким дозволом, заключає з власником

патенту договір. У разі надання володільцем патенту такої заяви річний збір за підтримання патенту в силі зменшується на 50%, починаючи з року, який настає за роком публікації заяви у офіційному бюлетні. Володільць патенту може відізвати свою заяву, якщо жодна особа не заявила про свої наміри використати винахід, корисну модель, промисловий зразок.

Примусова ліцензія – це дозвіл на використання винаходу, корисної моделі, промислового зразка, захищеного патентом, який компетентний державний орган надає зацікавленій особі, якщо володільць патенту не використовує або недостатньо використовує свою розробку без поважних причин і при цьому відмовляється видати ліцензію. Примусову ліцензію видають за рішенням господарського суду із визначенням обсягу використання об'єкту патентного права, терміну дії дозволу, розміру і порядку виплати виплат володільцю патенту.

Безкоштовні ліцензії – ліцензії на секрети виробництва (комерційну таємницю), ноу-хау.

Комерційна таємниця – конфіденційна інформація, яка:

- має комерційну цінність;
- є недоступною для невизначеного кола осіб;
- є предметом заходів щодо збереження її конфіденційності (створені заходи

із захисту цієї інформації).

Ноу-хау – технічні знання і практичний досвід технічного, комерційного, управлінського, фінансового та іншого характеру, які мають практичну цінність, можуть бути застосовані у промисловості та професійній практиці та не забезпечені патентним захистом.

Ліцензійний договір визначає вид ліцензії, сферу використання об'єкту патентного права, розмір, порядок та терміни розрахунків (виплат) за використання об'єкту права інтелектуальної власності, а також інші умови, які сторони вважають доцільним додати до договору.

Вважають, що за ліцензійним договором надають невиключну ліцензію, якщо інше не встановлене ліцензійним договором.

Предметом ліцензійного договору не можуть бути права на використання об'єкту патентного права, які на момент підписання договору не були діючими.

У випадку відсутності у ліцензійному договорі умов про територію, на яку поширюються передані права на використання об'єкту патентного права, дія ліцензії поширюється на усю територію України.

Список використаної літератури

1. Методичні вказівки до виконання курсового проекту зі спеціальності «Розрахунок та проектування консольного насоса з використанням теорії подібності» / укладачі: Е. В. Колісніченко, В. О. Панченко. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 37 с.
2. Каталог консольних насосів К [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://ueck.ru/catalog/nasosy/konsolnye_k-item/.
3. ДСТУ 4132-2002. Насоси відцентрові загальнопромислового застосування. Вимоги до проектування, виготовлення, постачання, монтажування та експлуатування. Звід правил.
4. ДСТУ 3063-95. Насоси. Класифікація. Терміни та визначення.
5. Спеціальні гідромашини : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. В. Івченко, С. С. Мелейчук, Е. В. Колісніченко, О. В. Рясна; за заг. ред. В. О. Панченка. – Суми : СумДУ, 2021. – 229 с.
6. Панченко В. О. Гідравлічні машини і обладнання нафтових та газових комплексів / Суми : СумДУ, 2018 – 227 с.
7. Кондусь В. Ю. Лопатеві насоси: навчальний посібник / В. Ю. Кондусь, О. І. Котенко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 294 с.
8. Підконтрольна експлуатація обладнання насосних станцій : навч. посіб. / В. О. Панченко, В. Ф. Герман, О. В. Івченко та ін.; за заг. ред. В. О. Панченка. – Суми : СумДУ, 2020. – 270 с.
9. Дегтярьов І. М. Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навч. посіб. / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : СумДУ, 2021. – 265 с.
10. Гідравліка : підручник / О. В. Ратушний, О. Г. Гусак. – 2-ге вид., перероб. – Суми : СумДУ, 2022. – 251 с.
11. Гідрогазодинаміка: навч. посіб. / О. Г. Гусак, С. О. Шарапов, О. В. Ратушний. – Суми : СумДУ, 2022.

12. Фінкельштейн З. Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навчальний посібник / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко ; за ред. П. М. Андренка. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – 308 с.
13. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. Г. Гусак, А. А. Папченко, С. О. Хованський. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 151 с.
14. Основи наукових досліджень : навч. посіб. / М. Мальська, Н. Паньків. – Львів : Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, 2020. – 226 с.
15. Охорона праці в галузі : навчальний посібник / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білий. – Київ : Центр учбової літератури, 2017. – 322 с.
16. Пістун І. П. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник [для студентів вузів технічних спеціальностей] / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університетська книга, 2017. – 556 с.
17. Сокурєнко В. В. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник / В. В. Сокурєнко, О. М. Бандурка, С. М. Бортник. – Харків : ХНУВС, 2021. – 308 с.
18. Краснянський М. Ю. Екологічна безпека: навчальний посібник. – Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. – 180 с.
19. Основи професійної безпеки та здоров'я людини : підручник / В. В. Березуцький [та ін.] ; під ред. проф. В. В. Березуцького. – Харків : НТУ «ХП», 2018. – 553 с.
20. Олійник П. В., Омельчук С. Т., Чаплик В. В. [та ін.] Цивільний захист : підручник. – Вінниця : Нова Книга, 2013. – 328 с.
21. Гідродинамічні передачі і приводи: конспект лекцій: у 2 ч. (Ч. 1. Гідродинамічні муфти) / укладач О. І. Котенко. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 109 с.
22. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід. – Ч. І. Гідравліка і гідравлічні машини/ В. Р. Кулінченко, І. В. Дубковецький, О. М. Деменюк. – Київ : НУХТ, 2012. – 246.

23. Підконтрольна експлуатація обладнання насосних станцій [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика») / В. О. Панченко, В. Ф. Герман. – Електронне видання каф. Прикладної гідроаеромеханіки. – Суми : СумДУ, 2020. — 264 с.
24. Ратушний О. В. VI технологічний уклад: перспективи розвитку систем, які передають енергію рідині : монографія / О. В. Ратушний. – Суми : Вид-во СумДУ, 2020. – 212 с.
25. Rzhebaeva N. K. Calculation and Designing of Centrifugal Pumps: study guide / N. K. Rzhebaeva, E. E. Rzhebaev. – Sumy : Sumy State University, 2016. – 205 p.
26. Срібнюк С. М. Насоси і насосні установки : навч. посіб. / С. М. Срібнюк. – Київ : ЦУЛ, 2017. – 312 с.
27. Гусак О. Г. Теорія гідромашин : навч. посіб. / О. Г. Гусак, В. О. Панченко. – Суми : СумДУ, 2022. – 158 с.
28. Методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проектування зі спеціальності 05050205 "Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика": для студ. денної та заочної форм навчання / Е. В. Колісніченко, В. О. Панченко. — Суми : СумДУ, 2013. — 48 с.
29. Планування та організація діяльності підприємства : навчальний посібник / Г. Б. Веретенникова, В. В. Томах, І. М. Геращенко. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. – 210 с.
30. Підвищення технічного рівня вільновихрового насоса [Електронний ресурс] : монографія / В. О. Панченко. — Суми : СумДУ, 2022. — 145 с.