

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему

**“Розробка насосного агрегату типу АНФ на
параметри: напір 17 м, подача 30 м³/год, частота
обертання 3000 об/хв”**

зі спеціальності **6.05050205- гідравлічні машини, гідроприводи та
гідропневмоавтоматика**

Виконавець роботи **Коротенко Владислав Олександрович**
(*прізвище, ім'я, по батькові*)

(*підпис, дата*)

Науковий керівник

Панченко Віталій Олександрович
(*прізвище, ім'я, по батькові*)

(*підпис, дата*)

Суми 2018

Реферат

Пояснювальна записка: 80 с., 8 таблиць, 10 рисунків, 6 джерел.

Тема роботи «Розробка насосного агрегату АНФ на параметри: подача $Q=60\text{ м}^3/\text{год}$; напір $H=17\text{ м}$; частота обертання ротору $n=1500\text{ об/хв.}$ »

Графічний матеріал: 1 аркуш формату А0 складальне креслення агрегату, 2 аркуші формату А1: складальне креслення насоса, креслення відводу, 1 аркуш формату А2 складальне креслення робочого колеса, 1 аркуш формату А3: креслення захисної гільзи, 1 аркуш формату А4×3 креслення підводу

Мета роботи: розробка агрегату електронасосного для перекачування забруднених рідин.

Ключові слова: АГРЕГАТ, НАСОС, РОБОЧЕ КОЛЕСО, ПРОТОЧНА ЧАСТИНА.

ЗМІСТ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	6
1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ.....	9
2 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ, РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ.....	15
2.1 Розрахунок насосу.....	15
2.2 Розрахунок осьової та радіальної сили.....	21
2.3 Вибір кінцевого ущільнення.....	24
2.4 Розрахунок насоса на кавітацію.....	26
2.5 Розрахунок реакцій в опорах.....	27
2.6 Вибір підшипників.....	29
2.7 Розрахунок вала на міцність.....	30
2.8 Перевірка міцності шпонкового з'єднання.....	32
2.9 Вибір муфт.....	33
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	34
3.1. Організація обслуговування та ремонту насосного агрегату АНФ 60-17.....	34
3.2 Визначення собівартості та проекту оптової ціни насосного агрегату АНФ 60-17.....	42
4 РОЗДІЛ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	52
5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	56
5.1 Розроблення технологічного процесу виготовлення колеса робочого.....	56
5.2 Опис характеристик визначеного типу виробництва.....	56

6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ

Изм.	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Воловик			Агрегат електронасосний АНФ 60-17 Пояснювальна записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Панченко					4	
Н. Контр.	Алексеевко				СумДУ, ГМ-41		
Утверд.							

5.3 Розробка маршрутного технологічного процесу

виготовлення деталі.....	57
МАРШУТНІ КАРТИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТОНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	74

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВСТУП

Агрегати насосні фекальні призначену для перекачування рідкого гною на тваринницьких фермах і комплексах з безпідстилочним утримуванням тварин з навозозбірників в прифермерське навозосховище або в транспортний засіб, а також для перемішування і подрібнення навозу в навозозбірнику.

Агрегати можуть застосовуватися для гідротранспорту кормів, жому, різних відходів в сільському господарстві, паперової маси, перекачування каналізаційного шламу, різноманітних рідин з змістом волоконних включень. Агрегати відносяться до виробів конкретного призначення.

Показники призначення по перекачувальним середовищам повинні відповідати вказівкам в табл. 1.1

Таблиця 1.1

Найменування середовища	Показники середовища	Значення показника
Гній, вода з змістом кормів, жому, різних відходів сільського господарства, паперової маси при їх гідротранспорті, каналізаційний шлам, різні рідини з змістом волоконних включень	Температура, $K\left(^{\circ}C\right)$ не більше	353(80)
	Глибина забору рідини, м не більше	3,0
	Водородний показник, од. рН	6...8,5
	Густина, $\frac{кг}{м^3}$ не більше	1075

Продовження табл.1.1

Найменування середовища	Показники середовища	Значення показника
При наявності в перекачуваному середовищі абразивних частинок	Максимальна об'ємна концентрація твердих частинок, %	20
	Максимальний лінійний розмір твердих частинок, мм	50
	Максимальна об'ємна концентрація, %	1
	Максимальний лінійний розмір, мм	5
	Мікротвердість частинок, МПа, не більше	9000
	Вологість гною при відкачці, %, не менше	95

Надійність насосів в умовах і режимах, експлуатації, повинна відповідати значенням указаним в табл. 1.2

					6.05050205.07.000.00ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2

Найменування показників	Значення показників
Середній наробіток на відмову, год, не менше	100
Середній ресурс до капітального ремонту, год, не менше	2000
Середній термін служби до списання, років, не менше	6

Критерієм відмови є:

- відмова комплектуючих виробів(двигун);
- заклинення і знос підшипників, вихід із ладу сальникової набивки, неможливість переключення затвору.

Насоси і агрегати можуть транспортуватися любым транспортом відповідаючи вантажопід'ємності при умові їх надійного кріплення. При цьому поздовжня вісь агрегату повинна розміщуватись вздовж напрямку руху.

					6.05050205.07.000.00ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ

Вільно-вихрові насоси (ВВН) уявляють собою прогресивний тип динамічних насосів для перекачування забруднених рідин, гідротранспорту абразивних і легко ушкоджених речовин, гідросумішей, що містять тверді і волокнисті включення, рідин, які містять гази. Останнім часом вони використовуються у багатьох галузях народного господарства. ВВН мають просту і зручну в експлуатації конструкцію, високу надійність, довговічність роботи на гідросумішах і обумовлюють економічну ефективність їхнього застосування для транспортування різних твердих речовин і продуктів. Це можливо завдяки широкому проточному тракту, вільному від деталей, що обертаються, забезпечується мала забрудненість насосів і зменшується імовірність ушкодження продуктів, що перекачуються.

Робочий процес вільно-вихрового насоса вивчений недостатньо, тому він широко досліджується багатьма країнами світу, в тому числі і Україною.

Накопичений досвід розрахунково-теоретичних і експериментальних досліджень вільно-вихрових насосів дозволив створити нормативну документацію на розробку уніфікованого ряду насосів по міжнародному стандарту ISO 2858.

За конструктивними ознаками ВВН у порівнянні з відцентровими насосами мають наступні особливості:

- більш проста форма проточної частини знижує металоємність насоса, полегшує його зборку, створює більш сприятливі умови для високого ступеня уніфікації;
- у ВВН немає передніх ущільнень, отже, відсутні проблеми, зв'язані з ними (знос, засмічення, регулювання, промивання і т.д.);

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- конструктивне виконання робочих органів дозволяє з невеликими витратами робити ремонт і виготовлення запасних частин на місці експлуатації;
- велика висота всмоктування (до 8 м);
- забезпечують високу надійність роботи при перекачуванні газоподібних сумішей зі змістом газу до 50%, грузлих рідин, великих включень з розміром 0,8 напірного патрубку;
- мало чуттєві до кавітації.

Недоліком ВВН є низька економічність, що в залежності від конструктивного типу і розмірів насоса складає 35-58%. Економічність ВВН складає приблизно 2/3 економічності відцентрового насоса. Однак досвід експлуатації ВВН, показує, що їх ККД практично однаковий під час всього періоду експлуатації. Це надає деякий економічний ефект у порівнянні з відцентровими насосами.

Конструктивні особливості ВВН

Вільно-вихровий насос являє собою своєрідний відцентровий насос з однобічним осьовим підведенням рідини і відкритим робочим колесом особливої конструкції. Робоче колесо насоса, найчастіше за формою каналів аналогічне насосному колесу гідромуфт, встановлено в корпусі таким чином, що між торцями лопаток колеса і передньою стінкою корпусу утворюється досить широка вільна камера. На відміну від відцентрових насосів звичайного типу, потік рідини, що рухається у вільно-вихровому насосі лише частиною свого обсягу стикається з лопатками робочого колеса.

Промислові іспити дослідили надійність роботи, характер зносу і терміни служби робочих органів вільно-вихрових насосів у різних виробничих умовах.

У зв'язку з тим, що вільно-вихрові насоси знаходять усе більше застосування для переміщення абразивних гідросумішей. Значна частина

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

експериментальних досліджень була присвячена вивченню зносостійкості цих насосів.

Дослідження виявили, що в залежності від твердості матеріалу, що транспортується, концентрації гідросуміші й інших експлуатаційних умов термін служби проточної частини вільно-вихрового насоса коливається в широких межах від 200 до 2500 годин роботи. Термін служби робочого колеса вільно-вихрового насоса в однакових експлуатаційних умовах у 2-2,5 рази більше, ніж термін служби робочого колеса звичайного відцентрового насоса.

У більшості розроблених моделей вільно-вихрових насосів (насоси типу Wetco, та ін.) в основному прийнята наступна форма корпусу: конусоїдально розбіжний за напрямком руху потоку. Всмоктувальний патрубок плавно сполучається з нахиленою до робочого колеса передньою стінкою корпусу, що у свою чергу сполучається з кільцевим або частково спіральним відводом овальної форми.

У вільно-вихровому насосі зміна подачі в широкому діапазоні практично не впливає на напір насоса про що свідчить характеристика насоса (рис. 1.1).

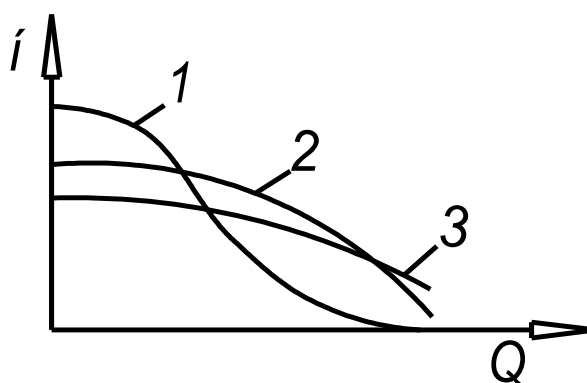


Рисунок 1.1 – Характеристика насосів.

- 1 – вихровий насос
- 2 – відцентровий насос
- 3 – вільно-вихровий насос

Основні конструктивні схеми вільно-вихрових насосів.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Відносно короткий термін, що пройшов з часу створення першого ВВН, виявився достатнім для розробки цілого ряду конструктивних схем насосів даного типу, кожна з яких має свої переваги. Очевидно, причиною цього є, з одного боку, велика різноманітність гідросумішей, що перекачуються, а з іншої, прагнення в кожному конкретному випадку забезпечити максимальну ефективність при використанні цих насосів. При цьому техніко-економічні показники застосування ВВН будуть тим вище, чим більш раціональніше буде вирішена задача вибору конструктивної схеми вільно-вихрового насоса для даних умов експлуатації.

В даний час широке поширення одержали три конструктивні схеми ВВН: Вемко, Туро, Сека.

Вперше вільно-вихровий насос типу Вемко (“Wemco”) був виготовлений фірмою “Western Machinery Co” у 1954 році в США. Насос (рис. 1.2) має корпус з осьовим, що підводить і тангенціальним напірним патрубками і вільною камерою між робочим колесом, розташованим у ніші корпусу і передньою кришкою насоса. Робоче колесо виконане за типом робочого колеса гідромуфти. ККД насосів Вемко невисокий і складає 30-40%. Однак ці насоси забезпечують високу надійність при гідротранспорті матеріалів великої крупності.

Подальші дослідження різних конструкцій ВВН з метою збільшення напору і ККД дали новий тип схему Туро (Turo) фірми Egger, Швейцарія, у якій робоче колесо (рис. 1.3) виконано у вигляді диска з прямими радіальними лопатками (відкритого або закритого на периферії). В даному насосі різкий поворот потоку при виході з робочого колеса в осьовому напрямку інтенсифікує енергообмін рідини між колесом і вільною камерою і веде до збільшення напору і ККД (ККД насоса Туро збільшується до 54%).

В основу насосів типу Сека (Seka) покладений принцип висування робочого колеса з ніші корпусу у вільну камеру, що приводить до збільшення напору і ККД насоса. Насос Сека (фірми E. Vogel, Австрія) показаний на

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рис. 1.4. Робоче колесо цього насоса не має обмеження на периферії і висунуто у вільну камеру, рідина, що виходить з робочого колеса спрямована безпосередньо у відвід. Однак застосування цих насосів обмежено через можливе забивання продуктом, що перекачується, особливо при гідротранспорті рідин, що містять волокнисті речовини.

Ось приклади конструктивних схем ВВН, що відрізняються формою вихідної ділянки робочого колеса, а також розміром висунання лопатки у вільну камеру.

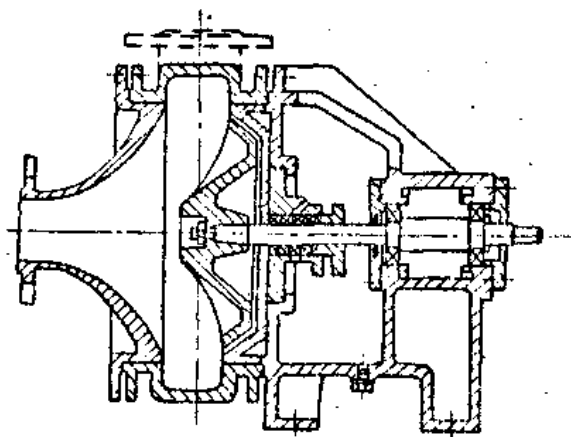


Рисунок 1.2 – Вільно-вихровий насос типу Вемко.

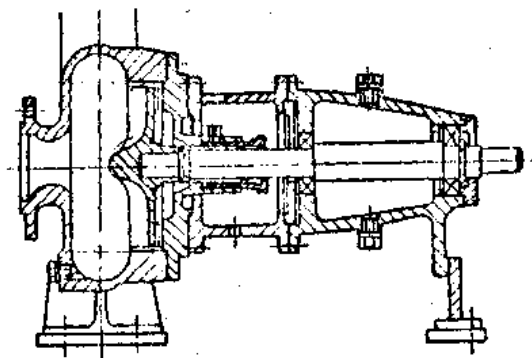


Рисунок 1.3 – Вільно-вихровий насос типу Туро.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

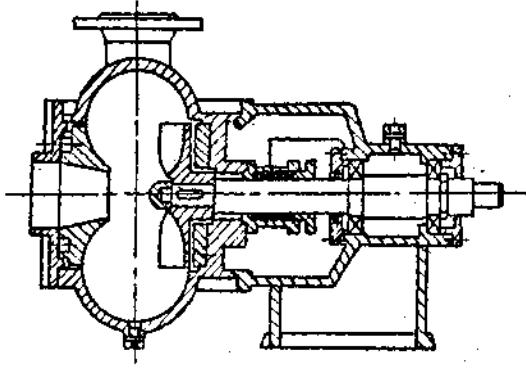


Рисунок 1.4 – Вільно-вихровий насос типу Сека.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ, РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

2.1 Розрахунок насосу

Визначаємо коефіцієнт швидкості

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \sqrt{Q}}{H^{0.75}}$$
$$n_s = \frac{3,65 \cdot 1500 \sqrt{60}}{60 \cdot 17^{0.75}} = 84$$

Визначаємо ККД та відносну ширину вільної камери за графіком рис. 10 [1]: $\eta=0,5$, $\bar{B}=0,25$ Виходячи з рекомендацій [1] приймаємо для робочого колеса з плоскими 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 $\bar{\delta}=0,02$.

Розрахуємо зовнішній діаметр робочого колеса, 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 $\eta_{\text{мех}}=0,97$;

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

η – ККД насоса, прийнятий раніше;

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

F_2 - функція, яка враховує вплив відносних розмірів відводу;

$$A = \left[\frac{0,97}{7,167 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 0,019 \cdot 2,25} \right]^{\frac{1}{2}} = 79,57$$

Підставляємо отримані дані у рівняння (2.1) та отримуємо:

$$D_2 = \frac{79,57}{1500} \sqrt{17} = 0,219(м).$$

Приймаємо стандартне значення:

$$D_2 = 0,2(м).$$

Розраховуємо абсолютні розміри робочого колеса:

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

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

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

(2.3)

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

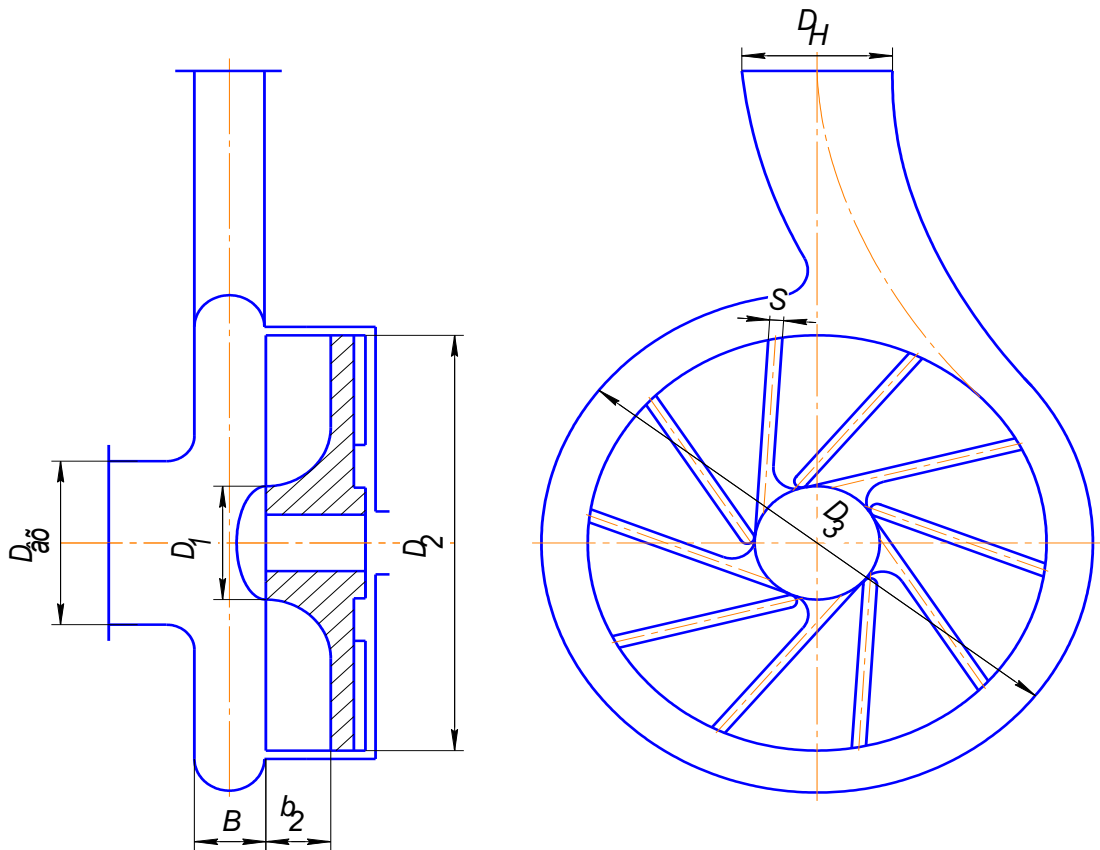


Рисунок 2.1 – Основні геометричні розміри проточної частини

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

$$D_1 = 0,2 \cdot 200 = 40(\text{мм})$$

$$b_2 = 0,2 \cdot 200 = 40(\text{мм})$$

$$\delta = 0,02 \cdot 200 \approx 4,0(\text{мм})$$

Знаходимо абсолютний розмір ширини вільної камери:

$$B = \bar{B}D_2 \tag{2.4}$$

де \bar{B} - відносна ширина вільної камери.

$$B = 0,25 \cdot 200 = 50(\text{мм})$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Визначаємо основні геометричні розміри кільцевого відводу:

Відносний радіус розташування язика:

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

Де $\overline{D}_{яз}$ - відносний діаметр язика.

$$D_{яз} = 1,3 \cdot 200 = 260(\text{мм})$$

Діаметр кільцевого відводу:

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

$$D_3 = 200 + 50 = 250(\text{мм})$$

Діаметр вихідного патрубку:

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

$$D_6 = 50(\text{мм})$$

Розраховуємо вхідний діаметр насоса та перевіряємо умову:

Коефіцієнт вхідної швидкості:

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

$$k_{v0} = (0,2 \dots 0,25) \left(\frac{85}{100} \right)^{2/3} = 0,178 \div 0,223$$

Приймаємо $k_{v0} = 0,202$

Швидкість у вхідному патрубку:

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

$$v_0 = 0,202 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 17} = 3,7 \text{ м/с.}$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Діаметр входу:

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

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 60}{3,14 \cdot 3,7 \cdot 3600}} = 0,076(\text{м})$$

Приймаємо рекомендоване значення

$$D_0 = 0,08(\text{м})$$

Умова виконується $D_0 \geq B$; $80 \geq 51$.

Визначаємо потужність насоса на робочому режимі та вибираємо електродвигун:

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

де ρ – густина робочої рідини;

$$N = \frac{1075 \cdot 9,81 \cdot 60 \cdot 17}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,5} = 5,98(\text{кВт})$$

Потужність електродвигуна:

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

де k – коефіцієнт запасу;

$$N_{e0} = 1,3 \cdot 5,98 = 7,77(\text{кВт})$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$$n_{\text{дв}} = 1500 - 0,047 \cdot 1500 = 1429 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо діаметр вала:

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

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{5,98 \cdot 0,4896}{1429 \cdot 100}} = 0,027 \text{ (м)}$$

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

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Розрахунок осьової та радіальної сили

Визначаємо число Рейнольдса:

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

де ν – кінематична в'язкість робочої рідини.

$$\text{Re} = \frac{1429 \cdot 0,2^2}{60 \cdot 1,01 \cdot 10^{-6}} = 0,94 \cdot 10^6$$

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

$$\beta = 0,407 + \frac{0,361 \cdot 10^6}{\text{Re}} = 0,407 + \frac{0,361 \cdot 10^6}{0,94 \cdot 10^6} = 0,791,$$

$$\psi_z = -0,105 + \frac{0,511 \cdot 10^6}{\text{Re}} = -0,105 + \frac{0,511 \cdot 10^6}{0,94 \cdot 10^6} = 0,439$$

Кутова швидкість обертання насоса:

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

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1429}{30} = 150 (\text{с}^{-1})$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розраховуємо відносний радіус втулки:

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

$$\bar{R}_{em} = \frac{0,04}{0,2} = 0,2$$

Приймаємо коефіцієнт $k=0,486$

Визначаємо результуючу осьову силу:

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

$$A = 3,14 \cdot 1075 \cdot 9,81 \cdot 17 \left[0,791(0,1^2 - 0,02^2) - 0,439(0,1^2 - 0,02^2) \right] - \frac{3,14}{4} \cdot 0,486^2 \cdot 1075 \cdot 0,1^4 \cdot 150^2 \cdot (1 - 0,2^2)^2 = 1497(H)$$

Радіальну силу визначаємо за формулою:

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

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

$$R = 0,2 \cdot 1075 \cdot 17 \cdot 0,2 \cdot 0,04 \cdot 9,81 = 287(H)$$

Осьова сила на імпелері

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

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

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

d_{em1} – внутрішній діаметр імпелера

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.

$$U_2 = \frac{3,14 \cdot 1429,5 \cdot 0,2}{60} = 15(м/с)$$

$$U_{em} = \frac{3,14 \cdot 1429,5 \cdot 0,04}{60} = 2,99(м/с)$$

$$T_n = \frac{3}{8} \cdot 1075 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{15^2 - 2,99^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 1272(Н)$$

Осьова сила, яка діятиме на ротор:

$$\Delta A = A - T_n$$

$$\Delta A = 1497 - 1272 = 225(Н).$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.3 Вибір кінцевого ущільнення

Для обраної конструктивної схеми насоса у якості кінцевого ущільнення вала використовуємо сальникове ущільнення (рис. 2.2)

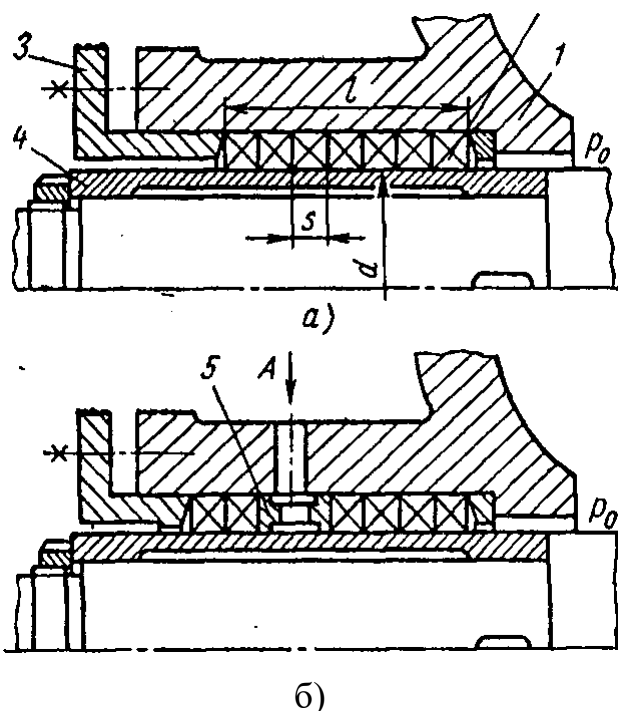


Рисунок 2.2 - Схема сальникового ущільнення

а) без промивки; б) з промивкою;

Вибираємо сальникове ущільнення за схемою- б).

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

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

Де d – діаметр вала в місці набивки сальника ($d = 28$ мм)

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$S = \sqrt{28} = 5.29(\text{мм})$$

Приймаю $S=8\text{мм}$.

Довжина сальникового ущільнення рівна:

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

Де i – кількість кілець набивки ($i=3$)

$$L = 3 \cdot 8 = 24 \text{ (мм)}$$

Згідно ГОСТ 5152-84 обираємо сальникову набивку з одношаровим обплетенням марки АГИ 8x8.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.4 Розрахунок насоса на кавітацію

Для розрахунку вільно вихрового насоса на кавітацію приймають коефіцієнт Руднева.

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

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 всмоктування. Перед пуском насоса в роботу трубопровід повинен бути заповнений водою. Перший критичний режим відноситься до появи перших ознак впливу кавітації на характеристику насоса. Практично кавітація настає раніше, але носить локальний характер. Коефіцієнт C змінюється в межах 800...1000.

Знаходимо значення критичного кавітаційного запасу для першого критичного режиму.

Розрахуємо кавітаційний запас за формулою:

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

$$\Delta h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{5,62 \cdot 1429,5 \cdot \sqrt{60}}{800 \dots 1000}} = 1,41 \dots 1,05 (м)$$

Кавітаційний запас для першого критичного режиму в даному насосі лежить в межах від 1,41 до 1,05 м.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.5 Розрахунок реакцій в опорах

Із попередніх розрахунків маємо значення радіальної сили: $R=287$ Н.

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

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

де $m_p=31$ кг – маса ротора.

$$A = \Delta A + m_p \cdot g = 225 + 31 \cdot 9,81 = 529 \text{ Н}$$

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 вала: $l_1 = 155$ мм; $l_2 = 146$ мм;

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

$$R_B = \frac{R \cdot l_1}{l_2} = \frac{287 \cdot 155}{146} = 304 \text{ (Н)} \quad (2.25)$$

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

$$R_A = \frac{R \cdot (l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{287 \cdot (155 + 146)}{146} = 591 \text{ (Н)} \quad (2.27)$$

Перевірка

$$\Sigma F = 0;$$

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

$$287 - 591 + 304 = 0$$

Умова виконується.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

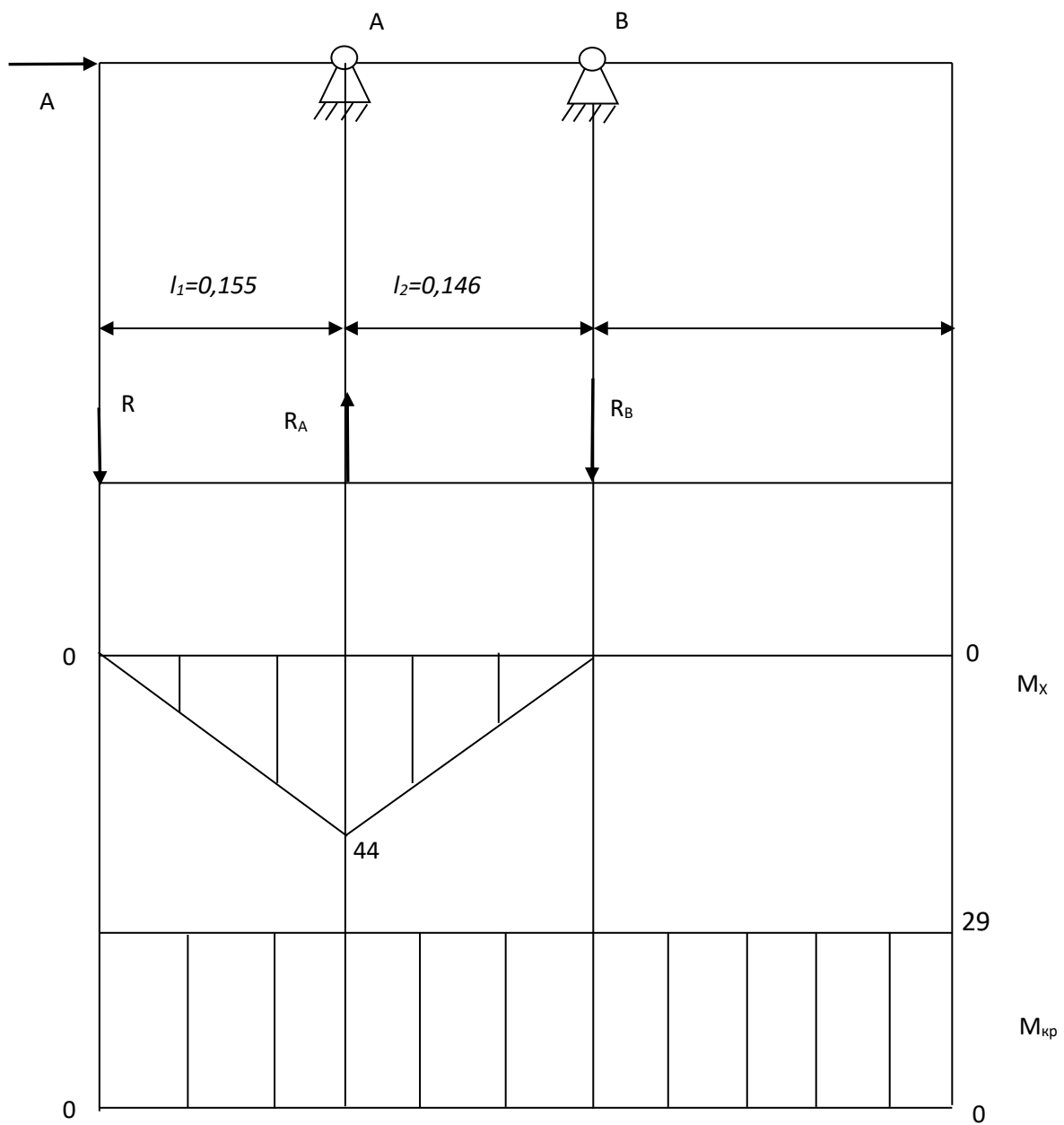


Рис. 2.3. - Приблизний розрахунок вала

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ

Лист

28

2.6 Вибір підшипників

Підбираємо підшипники по більш навантаженій опорі А.

Попередньо обираємо радіально-упорні кулькові підшипники 309:
 $d=30$ мм, $D=62$ мм, $B=16$ мм, $C=18,2$ кН, $C_0=13,3$ кН.

Еквівалентне навантаження знаходимо за формулою:

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

$V=1,45$ – коефіцієнт для обертання внутрішнього кільця;

$X=1$ – коефіцієнт вибраний за табл. 9.18 [2 стр. 212];

$k_o=1,4$ – коефіцієнт вибраний із табл. 9.19 [2, стр. 214];

$k_m=1,35$ – коефіцієнт вибраний із табл. 9.20 [2 стр. 214];

$Y=1$

$$P_E = (1 \cdot 1,45 \cdot 591 + 1 \cdot 304) \cdot 1,4 \cdot 1,35 = 2194(H)$$

Розрахункова довговічність в млн. об. знаходиться за формулою:

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

$$L = \left(\frac{18200}{2194} \right)^{10/3} = 1156(\text{млн.об})$$

Визначаємо довговічність підшипника в год.:

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

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot 1429,5} \cdot 1156 = 13477 \text{ год}$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.7 Розрахунок вала на міцність

Крутний момент у попеченому перетині $M = 44(\text{Н} \cdot \text{м})$. Діаметр вала рівний $d=28$ мм. Діаметр підшипниками $d_{\text{п}}=30$ мм.

Перетин А-А. У цьому перетину 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

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

При $d=28$ мм, $b=8$ мм, $t_1=4$ мм.

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

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

Тоді розраховуємо напруження:

$$\tau_v = \tau_m = \frac{44 \cdot 10^3}{2 \cdot 3979} = 5,5(\text{МПа})$$

Приймаємо $k_{\tau}=1,68$, $\varepsilon_{\tau}=0,76$ та $\psi_{\tau}=0,1$.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розраховуємо:

$$s = s_{\tau} = \frac{174,5}{\frac{1,68}{0,76} \cdot 5,5 + 0,1 \cdot 5,5} = 13,7;$$
$$13,7 > [s]$$

Так як $[s]=2,5$, то умова виконується.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.8 Перевірка міцності шпонкового з'єднання

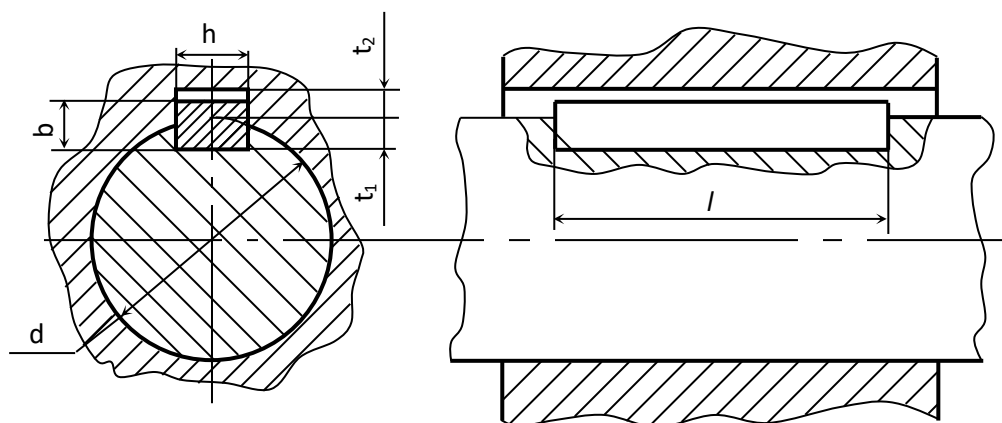


Рис. 2.4. - Схема шпоночного з'єднання

Перевіряємо на міцність шпонку розміщену під робочим колесом. У цьому місці діаметр вала рівний $d=28$ мм, переріз та довжина шпонки $b \times h \times l = 8 \times 7 \times 50$, глибина паза $t_2=4$ мм, $t_1=3,3$.

Момент на валу буде рівним:

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

$$M = 44(H \cdot m)$$

Напруження зминання:

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

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 44 \cdot 10^3}{28(7 - 4) \cdot (50 - 8)} = 24,9 \text{ (МПа)}$$

Допустиме напруження зминання при сталій маточині рівне 100-120 МПа, тому умова $\sigma_{см} \leq [\sigma_{см}]$ виконується.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

2.9 Вибір муфт

Для з'єднання вала насоса з проміжним валом вибираємо муфту пружну втулково-пальцеву МУВП-250-25-1.2-25-1.2-УЗ ГОСТ 21424-84.

Оскільки момент, що передається муфтою $T = 29$ Н·м не перевищує допустимий $[T] = 250$ Н·м, перевірочний розрахунок муфти не виконуємо.

Для з'єднання вала електродвигуна з проміжним валом вибираємо муфту пружну втулково-пальцеву МУВП-250-25-1.2-32-1.2-УЗ ГОСТ 21424-84.

Оскільки момент, що передається муфтою $T = 29$ Н·м не перевищує допустимий $[T] = 250$ Н·м, перевірочний розрахунок муфти не виконуємо.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Організація обслуговування та ремонту насосного агрегату

АНФ 60-17

Підготовка агрегату до роботи

Після доставки електронасосного агрегату на місце монтажу необхідно переконатися в комплектності агрегату, цілісності гарантійних пломб і наявності заглушок на всмоктувальному і нагнітальному патрубках.

Агрегат необхідно ретельно оглянути, щоб переконатися у відсутності пошкоджень, отриманих під час транспортування та зберігання, зняти консерваційні пломби та заглушки, зняти з зовнішніх законсервованих поверхонь насосів надлишок змазки і протерти їх ганчіркою, змоченою в бензині або вайт-спіриті.

Запасні частини, покриті консерваційною змазкою, для розконсервації занурити на 30 хвилин в мінеральне масло з температурою 105-110 °С. Після цього промити деталі бензином або вайт-спіритом і висушити.

Місце установки агрегату повинно задовольняти наступним вимогам:

- необхідно забезпечити вільний доступ до агрегату для його обслуговування під час експлуатації;
- під час підготовки фундаменту необхідно передбачити 50-80 мм запасу за висотою для підливки фундаментної рами цементним розчином;
- всмоктувальний і напірний трубопроводи повинні бути закріплені на окремих опорах. Передача навантажень від трубопроводів на фланці насоса не допускається;
- для забезпечення без кавітаційної роботи насоса всмоктувальний трубопровід повинен бути, по можливості, коротким і прямим;

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- на напірному трубопроводі повинен бути встановлений зворотній клапан і запірна арматура. Зворотній клапан повинен бути встановлений між запірною арматурою і насосом;
- на всмоктуванні і нагнітанні насоса повинні бути встановлені прилади для забезпечення вимірювання тиску перекачуваної рідини;
- до вузла ущільнення вала повинен бути виконаний підвід рідини;
- на напірному трубопроводі перед запірною арматурою встановити вентиль для видалення повітря.

Розконсервація проточної частини насоса обов'язкова тільки в тому випадку, якщо недопустимо попадання консерваційної речовини до перекачуваної рідини, і проводиться промивкою внутрішньої порожнини насоса бензином або вайт-спіритом. В інших випадках розконсервація насоса необов'язкова.

Агрегат необхідно встановити на фундамент, забезпечивши за допомогою установочних гвинтів горизонтальність установки, і, після затвердіння цементного розчину підливки, виконати обов'язкову затяжку фундаментних болтів.

Змонтовані системи необхідно випробувати на герметичність.

Необхідно перевірити дію запірної арматури трубопроводів. Вихідне положення запірної арматури перед пуском – закрите.

Пуск насоса, що працює під заливом, виконується в наступному порядку:

- подати запірну рідину в ущільнення, відрегулювати її подачу і тиск;
- відкрити запірну арматуру на всмоктуванні і заповнити насос перекачуванню рідиною, видаливши з нього повітря через вентиль, встановлений на напірному трубопроводі;
- включити двигун;
- відкрити манометр на напірному трубопроводі;
- після створення насосом напору поступово відкрити запірну арматуру на напірному трубопроводі і встановити заданий режим роботи.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зупинка насоса:

- плавно закрити запірну арматуру на напірному трубопроводі;
- вимкнути електродвигун;
- закрити запірну арматуру на всмоктуванні;
- при тривалій зупинці злити перекачувану рідину з корпусу насоса;
- при тривалій зупинці припинити подачу запірної рідини.

Порядок роботи

Виконати пуск насоса і засувкою на напірному трубопроводі встановити робочий режим.

Під час роботи необхідно стежити за показаннями приладів, за подачею рідини, а також за нагрівом підшипників і за рівнем змазки. Різкі коливання стрілок приладів, а також шум і вібрація характеризують ненормальну роботу насоса. В цьому випадку необхідно зупинити насос і усунути несправність.

Після закінчення роботи необхідно зупинити насос. При короткотермінових перервах не припиняти подачу запірної рідини в ущільнення насоса.

Технічне обслуговування

Передбачаються наступні види технічного обслуговування:

- повсякденне
- періодичне (не рідше 1 разу за 3 місяці).

В процесі експлуатації при необхідності необхідно виконувати заміну швидкозношуваних деталей.

Після відпрацювання встановленого ресурсу виконати капітальний ремонт насоса.

Розбирання насоса повинно виконуватися на спеціальній дільниці, де виключається забруднення деталей насоса.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розбирання і складання насоса необхідно виконувати тільки стандартним інструментом. Перед розбиранням необхідно промити насос від перекачуваного продукту.

Для ревізії проточної частини насоса, ущільнення вала та під час поточного ремонту виконується часткове розбирання насоса.

Розбирання насоса.

Розбирання насоса повинно виконуватися тільки стандартним інструментом. Перед розбиранням необхідно промити насос від перекачуваної рідини.

Порядок розбирання насоса:

- викрутити гайки кріплення кронштейну до корпусу насоса;
- від'єднати корпус насоса від кронштейна за допомогою віджимних гвинтів;
- викрутити гайку робочого колеса, зняти робоче колесо, шпонку;
- викрутити гайки кріплення кришки сальника, зняти кришку сальника;
- зняти корпус ущільнення;
- за допомогою регулюючої гайки зняти захисну втулку з вала;
- зняти з вала півмуфту насоса і шпонку;
- зняти відбійник з резиновим кільцем;
- викрутити болти кріплення кришок підшипників і зняти кришки;
- вийняти вал з кронштейна разом з підшипниками;
- зняти з валу підшипники.

Складання насоса.

Перед складанням насоса всі його деталі повинні бути підготовлені до складання, тобто очищені від бруду, іржі, старої змазки тощо.

Умовою правильного складання насоса є плавне обертання вала від руки.

Всі різьбові з'єднання прискладанні повинні бути змащені графітною змазкою.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Підшипники перед запресовкою на вал повинні бути нагрітими в маслі до температури 80-90°C.

В складених насосах кінці болтів і шпильок повинні виступати з гайок не менше, ніж на 1 і не більше ніж на 4 кроки різі.

Насос після складання повинен бути герметичним. Виникнення течі і просочення рідини в місцях ущільнення корпусу, крім ущільнення валу, не допускається.

Порядок складання насоса:

- встановити вал з підшипниками в корпус підшипників;
- встановити кришки підшипників;
- одягти на вал відбійник;
- завести на вал регулюючу гайку і встановити шпонку;
- одягти захисну втулку з встановленим кільцем сальника до упору в торець регулюючої гайки, одягти кришку сальника;
- одягти на вал паронітову регулюючу прокладку товщиною 1 мм до упору в торець захисної втулки;
- встановити корпус ущільнення, підтягнувши його на 2-х шпильках до упору в корпус підшипників;
- завести в корпус ущільнення два кільця сальникової набивки, кільце сальника, а потім ще три кільця сальникової набивки. Кільця сальникової набивки перед встановленням розрізаються під кутом 30-45°. При встановленні кільце сальникової набивки необхідно забезпечити зміщення розрізів сусідніх кілець на 120°;
- встановити на вал робоче колесо до упору маточини колеса в ущільнюючу прокладку, забезпечивши при цьому зазор між торцем корпусу ущільнення та імперерами робочого колеса.
- завести кришку сальника в розточку корпусу ущільнення;
- одягти півмуфту насоса, попередньо заложивши шпонку;
- завести в корпус насоса опорний кронштейн з складеними деталями і завернути гайки, поклавши під них шайби.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При заміні електродвигуна або насоса співвісність валів забезпечується за рахунок прокладок під лапу електродвигуна або насоса.

Таблиця 3.1. Перелік найбільш поширених несправностей насосу та методи їх усунення

Найменування несправності, зовнішній прояв та додаткові ознаки	Ймовірна причина	Метод усунення
Насос під час пуску не створює напір	Насос недостатньо залитий перекачуванню рідиною	Повністю залити насос
	Знизився рівень на всмоктуванні, на всмоктувальному трубопроводі виникає підсос повітря	Перевірити рівень рідини, перевірити герметичність всмоктувального трубопроводу
	Збільшився опір на всмоктувальному трубопроводі внаслідок засмічення	Перевірити і очистити всмоктувальний трубопровід
Насос не забезпечує подачу в робочому діапазоні характеристики	Невірний напрям обертання ротора	Перевірити вірність підключення електродвигуна
	Великий опір в напірному трубопроводі	Збільшити відкриття засувки на нагнітальному трубопроводі

	Зносилося робоче колесо або засмітилася проточна частина насоса	Замінити робоче колесо або очистити проточну частину насоса
Насос не забезпечує необхідний напір	Засмічення каналів проточної частини насоса	Очистити проточну частину насоса
	Збільшені або нерівні зазори між корпусом і робочим колесом	Розібрати насос та перевірити зазори
	Подача більше допустимої	Збільшити опір напірного трубопроводу
	Зниження швидкості обертання	Перевірити електродвигун
Збільшення витoku через ущільнення більше допустимого	Підвищення тиску запірної рідини	Перевірити і відрегулювати подачу запірної рідини
	Знос набивки	Розібрати ущільнення, замінити набивку
	Тиск на вході більше допустимого	Відрегулювати тиск на вході в насос
Перевантаження електродвигуна	Подача вище розрахункової і напір нижче розрахункового	Прикрити напірну засувку
	Механічні тертя або пошкодження насоса	Перевірити насос

Перегрів підшипників	Порушення центрівки вала насоса з валом електродвигуна	Перевірити і виправити центрівку
	Підшипники недостатньо змащені	Перевірити змащення підшипників
Підвищені шум і вібрація	Насос працює в кавітаційному режимі	Прикрити засувку на нагнітанні, підвищити тиск на вході в насос
	Недостатня жорсткість кріплення насоса та електродвигуна	Виконати підтяжку кріплення насоса, електродвигуна, трубопроводів
	Механічні пошкодження в насосі, контакт рухомих деталей з нерухомими, знос підшипників	Усунути механічні пошкодження, замінити підшипники
	Порушення центрівки валів	Перевірити і виправити центрівку підшипників

3.2 Визначення собівартості та проекту оптової ціни насосного агрегату АНФ 60-17

Проектована нова конструкція має вироб-аналог. Тому на стадії проектування для визначення собівартості виготовлення конструкції використовуємо метод розрахунків для нової конструкції, яка має вироб-аналог.

У випадку внесення значних змін у модернізованій конструкції, її собівартість визначається розрахунково-аналітичним методом за статтями калькуляції.

Розрахунково-аналітичний метод застосовується при визначенні собівартості нової конструкції, що має вироб-аналог. Відповідно до розрахунково-аналітичного методу визначається:

- а) вартість сировини, матеріалу, покупних напівфабрикатів і комплектуючих виробів, що витрачаються для виготовлення машин з урахуванням зворотніх відходів і транспортно-заготівельних витрат.
- б) основна й додаткова заробітна платня виробничих робітників з урахуванням зарахувань на заробітну платню.
- в) витрати на спеціальні пристосування й інструмент.
- г) накладні витрати.

Витрати на покупні вироби та напівфабрикати ($Z_{пок}$):

$$Z_{пок} = \sum_{i=1}^n C_{пoкi} \cdot N_{пoкi} , \quad (3.1)$$

де $C_{пoкi}$ - відповідно оптова ціна і-го типорозміру покупного виробу;

$N_{пoкi}$ - кількість виробів, що закупаються.

n - число видів матеріалів, напівфабрикатів та покупних виробів.

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ				

Витрати на основні матеріали та покупні вироби

Таблиця 3.2 Витрати на основні матеріали насоса АНФ 60-17

Складові елементи машини	Кількість, шт.	Матеріал виробу	Вартість матеріалу C_i , грн./кг	Маса N_i заготовки, кг	Ціна заготовки, грн.
Фланець	1	Сталь 20	6,67	5,58	37,22
Фланець верхній	1	Сталь 20	6,67	7,28	48,56
Фланець верхній	1	Сталь 20	6,67	8,36	55,76
Труба корпусна 180×5, 0,282м	1	12X18H10T	35	9,87	345,45
Труба корпусна 168×5, 0,16 м	1	12X18H10T	35	5,6	196
Труба корпусна 144,5×5, 0,16 м	1	12X18H10T	35	4,6	161
Труба 75,5×4,5, 0,296 м	1	12X18H10T	35	10,36	362,6
Кільце	1	Сталь 20	6,67	3,1	20,68
Підставка	1	Сталь 20	6,67	10,2	68,03

Таблиця 3.3 Витрати на основні покупні вироби насоса АНФ 60-17

№ п/п	Покупні вироби	Вартість, грн.	Кількість, шт.(кг)	Ціна, грн.
1.	Асинхронний електродвигун	2600	1	2600
2.	Робоче колесо	245	5	1225
3.	Направляючий апарат	294	5	1470
4.	Муфта	100	1	100
5.	Болти ГОСТ 7798-70			
	М8×16.58	8,65	4	0,4
	М10×35.58	7,48	4	0,94
	М16×60.58	11,39	4	5,9
	М8×25.58	8,02	4	0,48
6.	Гайки ГОСТ 5915-70			
	М16.5	11,34	4	1,71
	М12.5	8,94	32	4,48
7.	Гайки ГОСТ 5915-70			
	М16.5	11,34	4	1,71
8.	Шайби			
	Шайба 17.01.05 ГОСТ 11371-68	9,58	4	0,43
	Шайба 16 65Г 024 ГОСТ 6402-70	18,32	4	0,45
9.	Електроди			
	ЗИО 8 ГОСТ 5632-72	50	1	50
	УОНИ 13/55 ГОСТ 9467-75	11	1	11

$$Z_{\text{мат}} = 37,22 + 48,56 + 55,76 + 345,45 + 196 + 161 + 362,6 + 20,68 + 68,03 = 1295,3\text{грн}$$

$$Z_{\text{пок}} = 2600 + 1225 + 1470 + 100 + 0,4 + 0,94 + 5,9 + 0,48 + 1,71 + 4,48 + 1,71 + 0,43 + 0,45 + 50 + 11 = 5472,5\text{грн}$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Транспортно – заготівельні витрати визначаються в розмірі 10-15% від вартості матеріалів, покупних напівфабрикатів та комплектуючих виробів:

$$z_{mp} = \frac{K_{mp} \cdot z_{пок} + z_{mat}}{100\%}, \quad (3.4)$$

де K_{mp} – процент транспортно-заготівельних витрат, %.

Приймаємо $K_{mp} = 10\%$. Тоді:

$$z_{mp} = \frac{10\% \cdot (1295,3 + 5472,5)}{100\%} = 676,78 \text{ грн.}$$

Розрахунок трудомісткості та заробітної плати виробничих робітників.

а) Розрахунок заробітної плати виробничих робітників:

$$C_3 = C_2 \cdot K_{cp} \cdot T_n \cdot K_{np}, \quad (3.5)$$

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

Приймаємо $C_2 = 6,68$ грн/год.

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

Визначається методом інтерполяції за даними таблиці 3.4. Приймаємо

$K_{cp} = 1,35$.

T_n – трудомісткість нового виробу, н. год.

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

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

б) Трудомісткість нового виробу визначається за формулою:

$$T_H = T_a \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{Q_H}{Q_a}\right)^2} \cdot K_{нов}, \quad (3.6)$$

де T_a – трудомісткість робіт виробу-аналога, н. год.

В даному випадку $T_a = 110$ н. год.;

Q_H , Q_a – відповідно маси проектованої конструкції та виробу аналогу, т;

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

Приймаємо $K_{нов} = 1$.

$$T_H = 110 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{0,25}{0,45}\right)^2} \cdot 1 = 74,3 \text{ н.год.}$$

Тоді заробітна плата:

$$C_3 = 6,68 \cdot 1,35 \cdot 74,3 \cdot 1,4 = 938,05 \text{ грн.}$$

в) Додаткова заробітна плата виробничих робітників, визначається у відсотках від основної заробітної плати. Відсоток додаткової заробітної плати складає 20% від основної заробітної плати виробничих працівників, тобто:

$$C_{дод} = \frac{20\% \cdot C_3}{100\%}, \quad (3.7)$$

$$C_{дод} = \frac{20\% \cdot 938,05}{100\%} = 187,61 \text{ грн.}$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

г) Нарахування на заробітну плату нараховується у відсотках від суми основної та додаткової заробітної плати слюсарів збирачів та враховує відрахування на соціальне страхування в розмірі 37%:

$$C_H = (C_3 + C_{доод}) \cdot 0,37, \quad (3.8)$$

$$C_H = (938,05 + 187,61) \cdot 0,37 = 416,49 \text{ грн.}$$

Витрати на відшкодування зношення спеціальних пристосувань та інструментів визначається в розмірі 50-70% від основної заробітної плати:

$$C_{інст} = 0,7 \cdot C_3, \quad (3.9)$$

$$C_{інст} = 0,7 \cdot 938,05 = 656,64 \text{ грн.}$$

Визначення накладних витрат:

а) витрати по утриманню та експлуатації обладнання:

$$C_{\text{еу}} = \frac{C_3 \cdot K_{\text{еу}}}{100}, \quad (3.10)$$

де $K_{\text{еу}}$ – відсоток витрат по утриманню та експлуатації обладнання до основної заробітної плати. Приймаємо $K_{\text{еу}} = 220\%$.

$$C_{\text{еу}} = \frac{938,05 \cdot 220\%}{100} = 2063,71 \text{ грн.}$$

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$$C_{цв} = \frac{C_з \cdot K_{цв}}{100}, \quad (3.11)$$

де $K_{цв}$ – відсоток цехових витрат до основної заробітної плати виробничих робітників. Приймаємо $K_{цв} = 150\%$.

$$C_{цв} = \frac{938,05 \cdot 150\%}{100} = 1407,08 \text{ грн.}$$

в) загальнозаводські витрати визначаються у відсотках від основної заробітної плати виробничих працівників за формулою:

$$C_{зв} = \frac{C_з \cdot K_{зв}}{100}, \quad (3.12)$$

де $K_{зв}$ – відсоток загальнозаводських витрат до основної заробітної плати виробничих робітників. Приймаємо $K_{зв} = 350\%$.

$$C_{зв} = \frac{938,05 \cdot 350\%}{100} = 3283,18 \text{ грн}$$

г) виробнича собівартість виробництва установки.

$$C_{вир} = 1295,3 + 5472,5 + 676,78 + 938,05 + 187,61 + 416,49 + 656,64 + 2063,71 + 1407,08 + 3283,18 = 16362,65 \text{ грн.}$$

д) позавиробничі витрати визначаються у відсотку від собівартості проєктованого виробу. Процент позавиробничих витрат у розмірі 3-5% від виробничої собівартості.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{\text{позв}} = \frac{C_{\text{вир}} \cdot 3\%}{100} \quad (3.13)$$

$$C_{\text{позв}} = \frac{16362,65 \cdot 3\%}{100} = 490,88 \text{ грн}$$

е) повна собівартість виробництва насосного агрегату

$$C_{\text{нов}} = C_{\text{вир}} + C_{\text{позв}} \quad (3.14)$$

$$C_{\text{нов}} = 16362,65 + 490,88 = 16853,53 \text{ грн.}$$

Визначення планових накопичень та договірної ціни проєктованого виробу.

Планові накопичення (прибуток) визначається виходячи з умов рентабельності виробу до повної її собівартості за формулою:

$$\Pi = \frac{C_{\text{нов}} \cdot P}{100}, \quad (3.15)$$

де $C_{\text{нов}}$ – повна собівартість виробу, тис.грн.;

P – рентабельність виробу, %. Приймаємо $P=25\%$

$$\Pi = \frac{16853,53 \cdot 25}{100} = 4213,38 \text{ грн.}$$

Договірна оптова ціна визначається як сума повної собівартості та планових накопичень проєктованого виробу.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{дог} = C_{нов} + П, \quad (3.16)$$

$$C_{дог} = 16853,53 + 4213,38 = 21066,91 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.4 - Планова калькуляція собівартості

Код статті	Найменування статті	Сума, грн	Примітка
------------	---------------------	-----------	----------

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

01	Сировина та основні матеріали з урахуванням відходів	1295,3	
02	Комплектуючі вироби	4734,72	
03	Покупні напівфабрикати	61	
04	Напівфабрикати свого виробництва		
05	Транспортно-заготівельні витрати	676,78	
	Матеріалів з урахуванням транспортно-заготівельних витрат	7444,58	
06	Основна заробітна плата виробничих робітників	938,05	
07	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	187,61	
08	Нарахування на заробітну плату	416,49	
09	Відшкодування зносу спеціальних пристосувань та інструменту	656,64	
10	Витрати за утримання та експлуатацією обладнання	2063,71	
11	Цехові витрати	1407,08	
12	Загальнозаводські витрати	3283,18	
	Виробнича собівартість	16362,65	
13	Позавиробничі витрати	490,88	
	Повна собівартість	16853,53	
14	Планові накопичення	4213,38	
15	Оптова ціна	21066,91	

4 РОЗДІЛ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Характеристика, дія на організм людини, нормування та захист від іонізуючого випромінювання

Іонізуюча радіація – потоки електромагнітних хвиль або елементарних частинок і квантів, що створюються при радіоактивному розпаді, ядерних перетвореннях, гальмуванні заряджених частинок у речовині та здатні при проходженні через речовину викликати її іонізацію. До іонізуючого випромінювання відносять корпускулярне випромінювання (альфа -, бета-випромінювання, нейронне випромінювання) та електромагнітне випромінювання (гамма-випромінювання, рентгенівське, космічне випромінювання).



Рисунок 4.1 – Різновиди іонізуючого випромінювання

Вони відрізняються один від одного глибиною проникнення та іонізуючою властивістю. альфа-проникаюча властивість мала, а іонізуюча велика; гамма - навпаки. Іонізуюче випромінювання надходить із радіоактивних матеріалів, рентгенівських трубок, прискорювачів частинок і присутнє у навколишньому середовищі. Це випромінювання невидиме, і його неможливо безпосередньо виявити за допомогою людських відчуттів, тому

використовуються такі інструменти як лічильник Гейгера (рис.4.2) та іонізаційний детектор.



Рисунок 4.2 – Лічильник Гейгера

Іонізуюча радіація має багато практичних застосувань у медицині, наукових дослідженнях, промисловості (товщино метри, вологометри, різноманітні сигнальні пристрої, у дефектоскопії), біології (селекції рослин), сільському господарстві (опромінення насіння перед посадкою), стерилізація продуктів, будівництві та інших галузях, проте є небезпечною для здоров'я при неправильному використанні. Вплив радіації призводить до пошкодження живих тканин, внаслідок яких бувають опіки, променева хвороба, смерть при високих дозах і рак, пухлини та генетичні мутації при низьких дозах.

Радіочутливість - це здатність живих організмів реагувати у відповідь на подразнення, викликане поглинутою енергією іонізуючого випромінювання. Радіочутливість частіше за все оцінюють за смертельною дією радіації.

У сучасних умовах на організм людини впливають різноманітні випромінювання: електромагнітні, лазерні, статична електрика, торсійні поля, природне та космічне випромінювання . За своїми властивостями та дією вони

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

невидимі, не мають смаку, але досить чутливі до клітин живого організму, а тому — небезпечні для них. Під дією іонізуючого випромінювання імунна та інші захисні системи організму втрачають свої захисні властивості, в результаті чого є ризик розвитку багатьох важких хвороб.

Джерелами невидимих та небезпечних випромінювань в середовищі навколо людей виступають радіотелевізійні, радіолокаційні станції, високовольтні лінії електропередач (ЛЕП), електротранспорт, побутове, мікрохвильове, електромагнітне обладнання та апаратура.

Додаткове випромінювання є сильним іонізуючим фактором, що впливає на живу тканину, особливо на генетичну діяльність організмів. Першими ознаками тяжкого опромінення деяких людей є розлади шлунково-кишкового тракту, зміни складу крові, випадіння волосся, крововиливи, зменшенням стійкості до різних хвороб, помутнінням кришталика ока.

Біологічний вплив ІВ на людину поділяють на: пряме; непряме.

Пряма дія полягає в зміні ядер і хромосом клітин людини (може з'явитися потомство, передбачити вигляд і стан якого дуже важко). При опроміненні клітина або гине, або змінює свою структуру. Якщо гине мала кількість клітин, то організм їх компенсує.

Непряме дія полягає в іонізації молекул води, що входить до складу біологічної тканини.

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) охоплюють систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковим в політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки.

НРБУ-97 є основним державним документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятих рівнів опромінення як для окремої людини, так і для суспільства взагалі і є обов'язковими для виконання всіма юридичними та фізичними особами, які проводять практичну діяльність з джерелами іонізуючого випромінювання

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Загальні принципи захисту від впливу іонізуючого випромінювання:

1. Захист "часом". Тривалість роботи в умовах ІВ повинна бути такою, при якій не відбувається ураження людини.

2. Захист "відстанню". Робоче місце повинне знаходитися на такій відстані від джерела ІВ, при якому не відбуваються зміни в стані здоров'я.

3. Екранування. Екранування полягає в пристрої екранів з таких матеріалів і такої товщини, які б захистили людини. Найкращими для захисту від рентгенівського і гамма-випромінювання є свинець і уран. Проте, з огляду на високу вартість свинцю й урану, Можуть застосовуватися екрани з більш легких матеріалів — просвинцьованого скла, заліза, бетону, залізобетону і навіть води. У цьому випадку, природно, еквівалентна товща екрану значно збільшується.

Для захисту від бета-потоків доцільно застосовувати екрани, які виготовлені з матеріалів з малим атомним числом. У цьому випадку вихід гальмівного випромінювання невеликий. Звичайно як екрани для захисту від бета-випромінювань використовують органічне скло, пластмасу, алюміній. Використовувати металізовані штори, занавіски, одяг, взуття, рукавички, окуляри.

Система забезпечення радіаційної безпеки може бути повною й ефективною, якщо вона буде доповнена гігієнічними регламентами припустимих доз опромінення.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розроблення технологічного процесу виготовлення колеса робочого

Відповідно завданню на дипломний проект було потрібно розробити маршрутний технологічний процес виготовлення колеса робочого (креслення 6.05050205.07 БР.103.00 СК). Тип виробництва – одиничний.

Виходячи з інформації на робочому кресленні розробляємо технологічний процес виготовлення даної деталі.

5.2 Опис характеристик визначеного типу виробництва

Одиничне виробництво характеризується широтою номенклатури виготовлених або ремонтних виробів і малим обсягом випуску виробів. На підприємствах одиничного виробництва кількість виробів, що випускають, і розміри операційних партій заготівель обчислюється штуками й десятками штук; на робочих місцях виконуються різноманітні технологічні операції, що повторюються нерегулярно або не повторювані зовсім; використовується універсальне точне устаткування, що розставляється в цехах по технологічних групах (токарська, фрезерна, свердлильна, зуборізна і т.п. ділянки); спеціальні пристосування і інструменти як правило не застосовуються (вони створюються тільки у випадках неможливості виконання операції без спеціального технологічного оснащення); вихідні заготівлі - найпростіші (лиття в землю, гарячий прокат, кування) з малою точністю й більшими припусками; необхідна точність досягається методом пробних ходів і промірів з використанням розмітки; взаємозамінність деталей і вузлів у багатьох випадках відсутній. Широко застосовується пригін по місцю; кваліфікація

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

робітників дуже висока, тому що від її в значній мері залежить якість продукції; технологічна документація скорочена й спрощена; технічні норми відсутні; застосовується дослідно-статистичне нормування праці.

Для одержання даної заготовки можна використати декілька методів, наприклад штампування або прокатку. Доцільніше, виходячи з типу виробництва та конфігурації деталі, використовувати прокатку (наприклад поперечно-гвинтове прокатування). Поперечно-гвинтове прокатування виконують на дво- чи тривалкових станах. Осі валків розташовують під гострим кутом одна до одної та до осі вихідної заготовки. Це зумовлює обертовий її рух навколо своєї осі та поступовий рух вздовж неї. Поперечно-гвинтовим прокатуванням виготовляють трубчасті, гвинтові, кулясті та навіть ребристі кованки. Зараз цим способом отримують кованки для залізничних коліс, валів, поршнів, осей, муфт, роторів, втулок, куль, роликів, шпинделів, шнеків, гвинтів, зірочок тощо. До переваг процесів прокатування належать висока продуктивність устаткування, якість металу та поверхонь заготовок, підвищена зносостійкість і міцність поверхневих шарів заготовок, придатність до механізації та автоматизації, низька вартість і трудомісткість-виготовлення заготовок.

5.3 Розробка маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

005 Заготівельна

Токарний верстат мод. 16К20

Відрізати прут діаметром 50 , довжиною 70мм.

Різець ВК8. Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05 ГОСТ 166-89

010 Токарно-гвинторізна чорнова

Токарний верстат мод. 16К20

Установ А

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заготовка встановлюється в стандартному трьохкулачковому патроні.
Проточити отвір Ø 23, проточити Ø 40h9, витримуючи розмір 26. Підрізати торець.

Установ Б

Заготовка встановлюється в стандартному трьохкулачковому патроні.
Проточити Ø 42, підрізати торець.

Проходний, підрізний різець, свердло ВК8. Штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.

015 Розміточна

Розмітити згідно ескізу

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05 ГОСТ 166-89

020 Рубка

Рубати згідно з розміткою

025 Зварювальна

Варити шов ГОСТ5264-80-Т3- 4, шов ГОСТ5264-80-Т6- 4, шість швів
ГОСТ 5264-80-Т3- 3

Електроди УОНІІ-13/45 ГОСТ9466-75.

030 Термічна

Піч муфельна

Нагріти до температури 850°C. Охолодити разом з піччю.

035 Токарно-гвинторізна чистова

Токарний верстат мод. 16К20

Установ А

Заготовка встановлюється в стандартному трьохкулачковому патроні.
Проточити отвір Ø 25H7, фаску 1,6x45°, точити Ø 25H7. Підрізати торець.

					6.05050205.07.БР.000.00.ІІЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Установ Б

Заготовка встановлюється в стандартному трьохкулачковому патроні.
Проточити Ø 42, фаску 1,6x45°, фаску 4x45°. Підрізати два торця.

Проходний, підрізний різець, свердло ВК8. Штангенциркуль ШЦ-П-125-0,1 ГОСТ 166-89.

040 Свердлильна

Радіально-свердлильний верстат мод. 1Л63

Свердлити отвори Ø 11.

Свердло Р6М5

045 Різьбонарізна

Заготовка встановлюється. Нарізати в двох отворах різь М12-7Н.

Метчик М12-7Н.

050 Довбальна

Верстат універсально фрезерний

Довбати шпонковий паз 8JS9.

Довб'як.

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ЕОМ

Дана програма розроблена за допомогою продукту Microsoft Excel. В програмі представлені гідравлічні розрахунки вільновихорового насоса. Дані розрахунки є базовими при проектуванні електронасосного агрегату [1].

При виконанні гідравлічних розрахунків визначаються: коефіцієнт швидкохідності, зовнішній діаметр робочого колеса, ширина вільної камери, основні геометричні розміри кільцевого відводу, вхідний діаметр насоса, потужність насоса на робочому режимі, діаметр вала, осьова та радіальна сили, що діють на ротор насоса, кавітаційний запас. При цьому вихідними даними є: подача, напір, частота обертання ротора, густина. В процесі виконання розрахунків значення наступних величин приймаються: ККД насоса, відносні геометричні розміри колеса і вільної камери насоса, коефіцієнт запасу електродвигуна, допустимі напруження валу.

6.1. Зміст програми ЕОМ

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку вільновихорового насоса

Подача	$Q =$	60	м ³ /год.
Напір	$H =$	17	м
Частота обертання ротору	$n =$	1500	об/хв.
Густина рідини	$\rho =$	1075	кг/м ³

Результати розрахунків

Таблиця складається з 3 колонок, кожній з яких відповідає буква латинського алфавіту від А до АА. Колонкам в таблицях присвоєні наступні назви:

Е9 - Подача, м³/год.;

Е10 – Напір, м;

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- E11 – Частота обертання ротора, об/хв.;
- E12 – Густина робочої рідини, кг/м³;
- E16 – Коефіцієнт швидкохідності;
- E20 – ККД насоса;
- E22 – Відносна ширина вільної камери;
- E24 – Відносне значення діаметру входу робочого колеса;
- E26 – Відносна ширина лопаті колеса на виході;
- E28 – Кількість лопатей;
- E30 – Відносна товщина лопаті;
- E36 – Механічний ККД насоса;
- E37 – Розрахунковий коефіцієнт;
- E39 - Функція, яка враховує вплив відносних розмірів робочого колеса;
- E41 – Функція, яка враховує вплив відносних розмірів підводу;
- E42 – Розрахункова функція;
- E43 – Зовнішній діаметр робочого колеса, м;
- E47 – Діаметр входу робочого колеса, м;
- E49 – Ширина робочого колеса на виході, м;
- E51 – Ширина лопаті робочого колеса, м;
- E54 – Ширина вільної камери, м;
- E58 – Діаметр кільцевого відводу, м;
- E61 – Діаметр вихідного патрубку, м;
- E65 – Коефіцієнт вхідної швидкості;
- E71 – Швидкість у вхідному патрубку, м/с;
- E74 – Діаметр входу, м;
- E77 – Потужність насоса на робочому режимі, кВт;
- E80 – Номінальна частота обертання ротора, об/хв.;
- E82 – Допустимі напруження на кручення, МПа;
- E85 – Діаметр валу, м;
- E89 – Кінематична в'язкість рідини, м²/с;

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

- E92 – Число Рейнольдса;
- E95 – Розрахунковий коефіцієнт;
- E97 – Розрахунковий коефіцієнт;
- E100 – Кутова швидкість обертання ротора, c^{-1} ;
- E103 – Відносний радіус втулки;
- E104 – Розрахунковий коефіцієнт;
- E107 – Результуюча осьова сила, Н;
- E110 – Коефіцієнт радіальної сили;
- E112 – Радіальна сила, Н;
- E115 – Швидкість на виході з імпелера, м/с;
- E117 – Швидкість на вході в імпелер, м/с;
- E120 – Осьова сила на імпелері, Н;
- E123 – Осьова сила, яка діє на ротор, Н;
- E127 – Коефіцієнт Руднева;
- E131 – Кавітаційний запас.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблиця 6.2. - Результати розрахунків

Величина	Значення	Одиниці виміру	Формула в Microsoft Excel
Коефіцієнт швидкохідності	84		=ОКРУГЛ(3,65*E11*КОРЕНЬ(E9/3600)/(СТЕПЕНЬ(E10;3/4));0)
Розрахунковий коефіцієнт	79,57	м/с	=КОРЕНЬ(E36/(E37*E20*E39*E41))
Зовнішній діаметр робочого колеса	0,2	м	=ОКРУГЛ(E42/E11*КОРЕНЬ(E10);3)
Діаметр входу робочого колеса	0,04	м	=E24*E44
Ширина лопатки	0,04	м	=E26*E44
Товщина лопатки	0,004	м	=E30*E44
Ширина вільної камери	0,05	м	=ОКРУГЛ(E22*E44;3)
Діаметр кільцевого відводу	0,25	м	=E44+E54
Діаметр вихідного патрубку	0,05	м	=E54
Коефіцієнт вхідної швидкості	0,202		=ОКРУГЛ(0,2*СТЕПЕНЬ(E16/100;2/3);3)
Швидкість у вхідному патрубку	3,7	м/с	=ОКРУГЛ(E68*КОРЕНЬ(2*9,81*E10);1)
Діаметр входу	0,076	м	=ОКРУГЛ(КОРЕНЬ(4*E9/3600/(ПИ()*E71));3)
Приймаємо	0,08	м	

Потужність насоса на робочому режимі	5,98	кВт	=ОКРУГЛ(Е12*9,81*Е9/3600*Е10/Е20/1000;2)
Номінальна частота обертання вала двигуна	1429,5	об/хв	=Е11*(1-0,047)
Діаметр вала	0,027	м	=ОКРУГЛ(СТЕПЕНЬ(Е77*0,4896/(Е80*Е82);1/3);3)
Розрахунок осьової та радіальної сили			
Число Рейнольдса	$0,94 \cdot 10^6$		=Е80*СТЕПЕНЬ(Е44;2)/Е89/60
Розрахункові коефіцієнти	0,79		=0,407+0,361*1000000/Е92
	0,437		=-0,105+0,511*1000000/Е92
Кутова швидкість обертання насоса	149,7	рад/с	=ПИ()*Е80/30
Відносний радіус втулки	0,2		=Е47/Е44
Результуюча осьова сила	1497	Н	=ПИ()*Е12*9,81*Е10*(Е95*(СТЕПЕНЬ((Е44/2);2)-СТЕПЕНЬ((Е47/2);2))-Е97*(СТЕПЕНЬ((Е44/2);2)-СТЕПЕНЬ((Е47/2);2)))-ПИ()*СТЕПЕНЬ(Е104;2)*Е12*СТЕПЕНЬ((Е44/2);4)*СТЕПЕНЬ(Е100;2)*СТЕПЕНЬ(((1-СТЕПЕНЬ(Е103;2));2)/4)
Радіальна сила	287	Н	=Е110*1*Е12*Е10*Е44*Е49*9,81
Швидкість на виході з імелера	15,0	м/с	=ПИ()*Е80*Е44/60

Швидкість на вході в імпелер	2,99	м/с	=ПИ()*E80*E47/60
Осьова сила на імпелері	1272	Н	=(3/8)*E12*9,81*(ПИ()*СТЕПЕНЬ(E44;2)/4-ПИ()*СТЕПЕНЬ(E47;2)/4)*((СТЕПЕНЬ(E115;2)-СТЕПЕНЬ(E117;2))/(2*9,81))
Осьова сила, яка діятиме на ротор	225	Н	=E107-E120
Кавітаційний розрахунок			
Кавітаційний запас	1,41	м	=СТЕПЕНЬ(5,62*E80*КОРЕНЬ(E9/3600)/E127;4/3)

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Свободновихревые насосы: Учеб. пособие/И.А. Ковалев, В.Ф. Герман. - К.: УМК ВО, 1990. - 60 с.
- 2.Михайлов А.К., Малюшенко В.В. Лопастные насосы -М.: Машиностроение, 1977. - 288с.
- 3.Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя Т.2 - М.: Машиностроение, 1980.
- 4.Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: Учебное пособие для машиностроительных вузов. - М.: Высшая школа, 1985.
- 5.Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. Пособие для учащихся машиностроительных специальностей /С.А. Чернавский, К.Н Боков, М.И.Чернин и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 стр.
6. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів (робіт) / укладачі: О. Г. Гусак, С. В. Сапожніков, В. Ф. Герман, С. П. Кулініч, О. І. Котенко. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 45 с. 2

					6.05050205.07.БР.000.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74