

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему

“Вільновихровий насос типу СВН 160-45”

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

Виконавець роботи **Мацепура Андрій Андрійович**
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис, дата)

Науковий керівник

Герман Віктор Федорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис, дата)

Суми 2019

Сумський державний університет

Факультет TeSET Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 131 «Прикладна механіка» (освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідро пневмоавтоматика»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедрою ПГМ

_____ І.О.Ковальов

«__» _____ 2019р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

Мацепура Андрій Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вільновихровий насос типу СВН 160-45

затверджена наказом по університету від «__» _____ 20__р. № _____

2. Термін здавання закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: подача насоса $Q = 160 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H = 45\text{м}$, частота обертів $n = 2940$ об/хв, густина $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

вільновихрові насоси: основні конструктивні схеми, особливості робочого процесу, область застосування; обґрунтування вибору конструктивної схеми насоса; опис конструкції вибраного насоса; гідравлічні розрахунки; розрахунки щодо вибору електродвигуна; вибір кінцевого ущільнення вала; розрахунки на міцність; розрахунки з вибору підшипників, технологічний розділ, розділ з охорони праці, економічна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) монтажне креслення агрегату, складальне креслення насоса, креслення робочого колеса, креслення деталей (всього 4 листа ф. А1)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір матеріалів для бакалаврської роботи	25.10 - 30.11. 2018 р.	
2	Аналіз насосного обладнання для перекачування рідин з включеннями	01.12 - 31.12.2018 р.	
3	Вільновихрові насоси: основні конструктивні схеми, особливості робочого процесу, область застосування	02.01- 31.01.2019 р.	
4	Обґрунтування вибору конструктивної схеми насоса	01.02 - 10.02.2019 р.	
5	Опис конструкції вибраного насоса	11. 02 - 17.02.2019 р.	
6	Гідравлічні розрахунки	18.02 - 28.02.2019 р.	
7	Вибір електродвигуна. Вибір кінцевого ущільнення насоса	01.03 - 17.03.2019 р.	
8	Механічні розрахунки	18.03 - 01.04.2019 р.	
9	Переддипломна практика. Технологічний розділ	01.04 - 21.04.2019 р.	
10	Креслення насосного агрегату	22.04 - 28.04.2019 р.	
11	Складальне креслення насоса	29.04 - 09.05.2019 р.	
12	Економічне питання. Розділ охорони праці	10.05 - 15.05.2019 р.	
13	Креслення деталей насоса	16.05 – 21.05.2019 р.	
14	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічних матеріалів	22.05 – 26.05.2019 р.	
15	Представлення роботи керівнику. Внесення поправок.	20.05 - 25.05. 2019 р.	
16	Перевірка роботи на плагіат.	20.05 - 25.05. 2019 р.	
17	Час для попереднього захисту. Підготовка доповіді до захисту.	25.05 - 03.06. 2019 р.	
18	Розміщення роботи в репозитарій. Отримання рецензії.	03.06 - 06.06. 2019 р.	
19	Захист роботи в ЕК (згідно графіка захисту).	03. 06 – 09.06.2019 р.	До захисту робота допускається після перевірки на плагіат

Дата видачі завдання «__»_____2018р.

Студент _____ (підпис)

Керівник _____ (підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 сторінок, 16 рисунків, 9 літературних джерел.

Тема бакалаврської роботи: «Вільновихровий насос типу СВН 160-45».

Графічні матеріали: монтажне креслення агрегату, складальне креслення насоса, креслення робочого колеса, креслення кронштейна – всього 4,5 аркуша формату А1 .

Об'єкт розробки – вільновихровий насос, призначений для перекачування побутових і промислових забруднених рідин на параметри: подача $Q = 160 \text{ м}^3 / \text{год}$; напір $H = 45 \text{ м}$.

Проаналізовано основне насосне обладнання, що застосовується у промисловості і вказані недоліки в роботі насосів при транспортуванні забруднених рідин.

Обґрунтовано вибір конструктивної схеми насоса.

Розроблена конструкція насоса вільновихрового типу.

Виконані гідравлічні розрахунки проточної частини і гідродинамічних сил в насосі.

Вибрано кінцеве ущільнення і тип двигуна.

В розділі охорони праці розглянуто питання: захист людини від дії електромагнітних полів.

В економічному розділі розглянуто питання: сертифікація нової техніки.

Розроблено технологічний процес виготовлення деталі – робочого колеса.

Ключові слова: ВІЛЬНОВИХРОВИЙ НАСОС, КОНСТРУКЦІЯ, РОБОЧЕ КОЛЕСО, ГІДРАВЛІЧНІ ТА МЕХАНІЧНІ РОЗРАХУНКИ.

ЗМІСТ

Завдання	
Реферат	
Вступ.....	6
1 Вибір конструктивної схеми насоса.....	8
2 Опис конструкції вибраного насоса.....	11
3 Гідравлічні розрахунки.....	13
3.1 Розрахунок проточної частини насоса.....	13
3.2 Розрахунок осьової сили.....	19
3.3 Розрахунок радіальної сили.....	21
3.4 Розрахунок насоса на кавітацію.....	22
4 Розрахунок вибору привода насоса.....	24
4.1 Вибір електродвигуна.....	24
4.2 Розрахунок пускової моментної характеристики.....	26
5 Механічні розрахунки.....	29
5.1 Конструювання вала	29
5.2 Розрахунок вала на статичну міцність.....	31
6 Вибір та розрахунок ущільнення насоса.....	34
7 Вибір підшників та розрахунок на довговічність.....	36
8 Розділ охорони праці.....	38
9 Економічний розділ.....	47
10 Технологічний розділ.....	52
Висновки.....	56
Список використаної літератури	57
Додаток А	

					6.050502.04BP.000.00ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Мацепура				Вільновихровий насос СВН 160-45	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перев.</i>	Герман					5	58	
<i>Реценз.</i>					СумДУ, гр. ГМ-51			
<i>Н. Контр.</i>	Алексеєнко							
<i>Затв.</i>								
					Пояснювальна записка			

Вступ

Вільновихрові насоси (СВН (з рос. – «свободновихревые насосы)) - тип динамічних насосів, конструктивно адаптованих до перекачування забруднених рідин, рідин, що містять гази, гідросумішей, які містять тверді та волокнисті включення. СВН набули широкого використання у різноманітних галузях промисловості та господарства. Характерними особливостями цього типу насосів є простота та зручність в експлуатації, висока надійність, довговічність роботи на гідросумішах і економічна ефективність їхнього застосування для транспортування різноманітних твердих речовин і продуктів. Це є можливим завдяки широкій проточній частині, вільній від деталей, що обертаються, завдяки чому забезпечується мала забрудненість насосів і зменшується ймовірність ушкодження продуктів, що перекачуються.

Завдяки накопиченому досвіду розрахунково – теоретичних і експериментальних досліджень вільновихрових насосів створено нормативну документацію на розробку уніфікованого ряду насосів за міжнародним стандартом ISO 2858.

У порівнянні з відцентровими насосами вільновихрові насоси мають наступні особливості та переваги:

- простіша форма проточної частини знижує металоємність насоса, полегшує його збирання, створює більш сприятливі умови для високого ступеня уніфікації;

- розташування РК (робочого колеса) в розточці корпусу, тобто його неперетинання з вільною камерою, дозволяє значно зменшити взаємодію РК із перекачуваною рідиною, отже зменшити як його зношування, так і вплив на перекачувану рідину, що в ряді випадків має значний економічний ефект;

- відсутність передніх ущільнень, і, як наслідок, відсутність проблем, пов'язаних із ними (зношування, засмічення, регулювання, промивання і т.д.);

- конструктивне виконання робочих органів дозволяє з невеликими витратами робити ремонт і виготовлення запасних частин на місці експлуатації;

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- значна висота всмоктування (до 8 м);

- висока надійність роботи при перекачуванні газоподібних сумішей із вмістом газу до 50%, в'язких рідин, великих включень з розміром до 0,8 напірного патрубка;

- мала чуттєвість до кавітації;

Недоліком даного типу насосів є достатньо низька економічність, що в залежності від конструктивного типу і розмірів насоса складає 35-58%. Економічність СВН складає приблизно 0,66 економічності відцентрового насоса. Також до недоліків можна віднести обмеженість напору (до 100 м).

Однак практичний досвід експлуатації СВН, показує, що їх ККД практично однаковий під час всього періоду експлуатації. Це надає деякий економічний ефект у порівнянні з відцентровими насосами та робить даний тип насосів конкурентоспроможним у визначеній умовами його роботи частині ринку насосного обладнання [1].

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 Вибір конструктивної схеми насоса

З моменту створення першого СВН, розроблено цілий ряд 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 іншого, прагнення в кожному конкретному випадку забезпечити максимальну ефективність при використанні цих насосів. При цьому техніко-економічні показники застосування СВН будуть тим вище, чим більш раціонально буде вирішена задача вибору конструктивної схеми вільновихрового насоса для даних конкретних умов експлуатації. В даний час широке поширення одержали три конструктивні схеми СВН: Вемко, Туро та Сека [2].

Вперше вільновихровий насос типу Вемко («Wemco») був виготовлений фірмою «Western Machinery Co» у 1954 році в США. Насос (рис.1.1) має корпус з осьовим всмоктувальним і тангенціальним напірним патрубками та вільною камерою між робочим колесом, розташованим у ніші корпусу і передньою кришкою насоса. Робоче колесо виконане за типом робочого колеса гідромуфти. ККД насосів невисокий і складає 30...40%. Однак ці насоси забезпечують високу надійність при гідротранспортуванні матеріалів великої крупності.

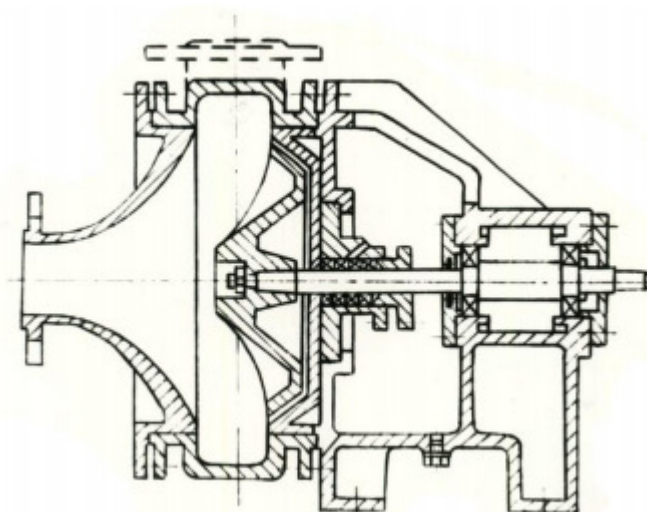


Рисунок 1.1 – Вільновихровий насос типу «Wemco»

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Подальші дослідження різних конструкцій СВН з метою збільшення напору і ККД дали новий тип, схему Туро («Turo») фірми Egger, Швейцарія, у якій робоче колесо (рис.1.2) 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%).

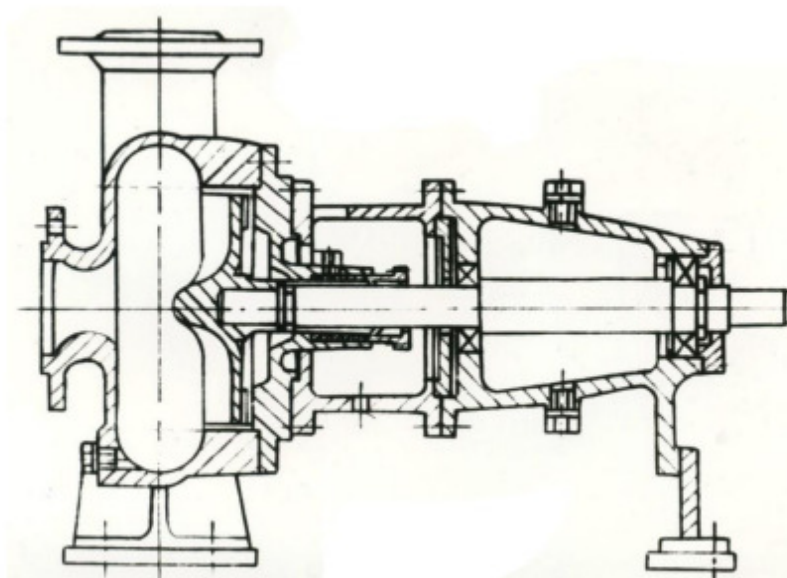


Рисунок 1.2 –Вільновихровий насос типу “Turo”

В основу насосів типу Сека («Seka») покладений принцип висунання робочого колеса з ніші корпусу у вільну камеру, що приводить до збільшення напору і ККД насоса. Насос Сека (фірми E. Vogel, Австрія) (рис. 1.3). Робоче колесо цього насоса не має обмежень 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.

						6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

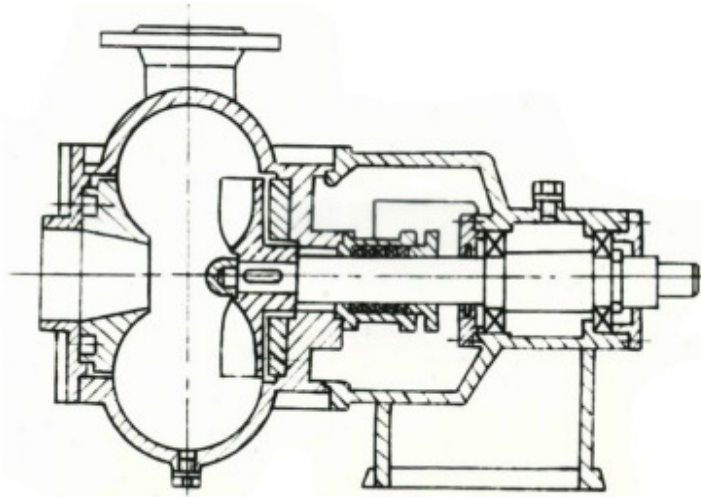


Рисунок 1.3 – Вільновихровий насос типу “Seka”

Наведені конструктивні схеми – основні, за ними виготовляються вільновихрові насоси закордонного виробництва. Крім того, існує ще кілька модифікованих варіантів. Конструктивну схему насоса вибирають з урахуванням умов експлуатації і властивостей рідини, що перекачується. Найбільш універсальна широко застосовувана в нашій країні і за кордоном конструктивна схема СВН «Turo», що забезпечує мінімальне ушкодження продукту, що перекачується, і практичну незасмічуванність проточної частини при високій економічності.

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2 Опис конструкції вибраного насоса

Вільновихрові насоси володіють однією унікальною особливістю - вони мають перед робочим колесом велику вільну камеру. При роботі СВН лопаті РК розкручують масу гідросуміші, що знаходиться в цій камері, утворюючи так званий «вільний вихор». Потрапляючи в зону дії вихору, частина рідини, що транспортується, отримує обертальний рух з поступово наростаючим радіусом і виходить в напірний патрубок (минаючи робоче колесо), а інша частина рідини проходить до робочого колеса.

Таким чином, робоче колесо вільновихрового насоса контактує не з усім транспортованим продуктом, а лише з його частиною, наприклад, як у насоса СВН типу «Туго» (рис. 2.1). Саме ця особливість робочого процесу СВН привертає увагу фахівців, що займаються проблемами максимального збереження транспортованих матеріалів і продуктів.

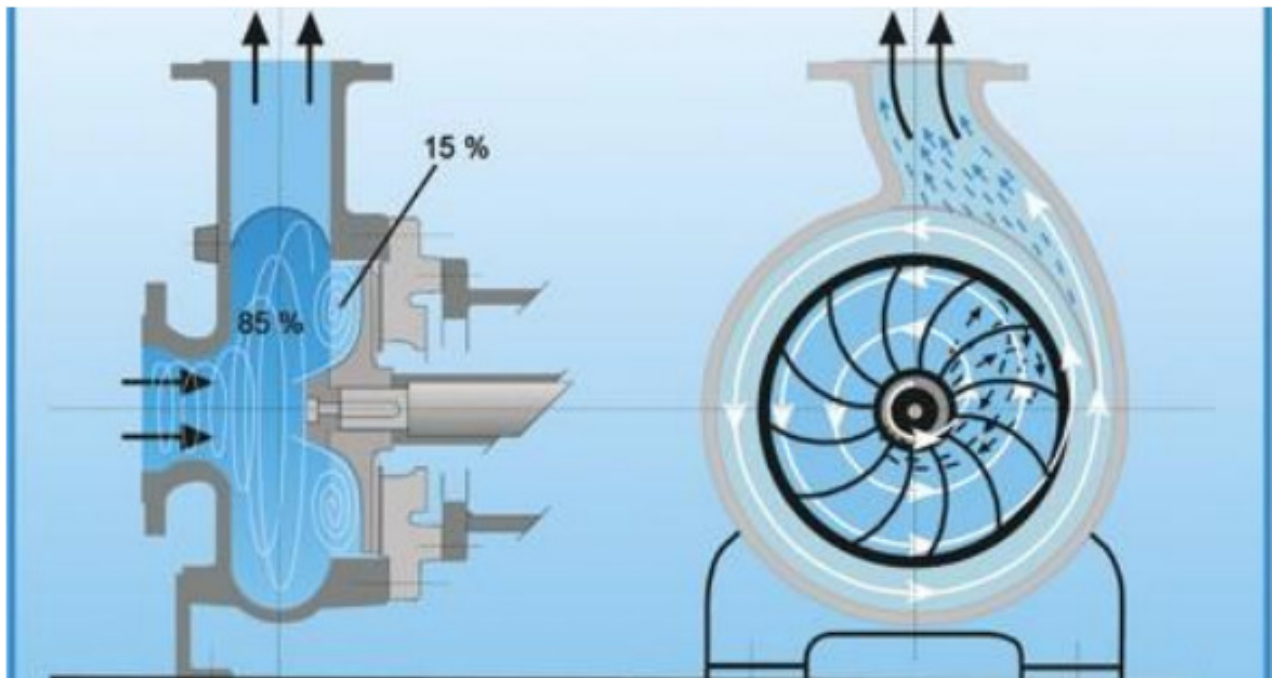


Рисунок 2.1 – Принцип роботи вільновихрового насоса типа «Туго»

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Вільновихрові насоси широко застосовуються при необхідності перекачування рідин з великим вмістом твердих і волокнистих включень і газоподібних бульбашок, зокрема, для перекачування побутових і промислових стоків. У цих випадках СВН забезпечують значно більшу надійність та довговічність роботи в порівнянні з відцентровими насосами традиційних конструкцій, хоча і поступаються їм за ККД.

Крім того, СВН набагато простіші у виготовленні, тому що лопаті їх робочих коліс являють собою плоскі пластини, а відводи, як правило, є кільцевими. Насоси цього типу мають високу надійність роботи при перекачуванні газоподібних сумішей з вмістом газу до 50 %, великих включень розміром до 0,8 ширини вільної камери, висота всмоктування їх досягає 8 м, а також СВН мало чутливі до кавітації. Конструкція їх простіша і дешевша, може працювати на суміші рідини і газу, а також подача цих насосів менше залежить від протитиску мережі.

Конструкція СВН з особливою проточною частиною є найбільш ефективною в порівнянні з іншими типами насосів при перекачуванні рідин з різними домішками.

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

3 Гідравлічні розрахунки

3.1 Розрахунок проточної частини насоса

Розрахунок проточної частини ВВН типу "Turo" проводимо за методикою [2]. Геометричні розміри проточної частини насоса показано на рис. 3.1.

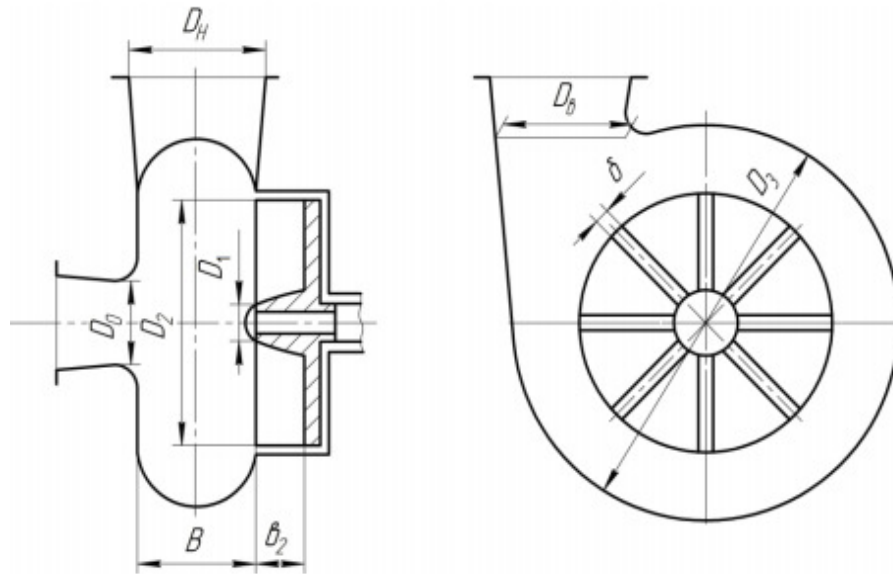


Рисунок 3.1 – Геометричні розміри проточної частини ВВН типу "Turo"

Вихідні дані: подача $Q = 160 \text{ м}^3 / \text{год}$; напір $H = 45 \text{ м}$; частота обертання $n = 2940 \text{ об/хв}$; густина рідини $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$.

Визначаємо коефіцієнт швидкості насоса:

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}; \quad (3.1)$$

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{2940 \cdot \sqrt{160/3600}}{45^{3/4}} = 130,2.$$

1 На рис. 4.2 знаходимо ККД і відносну ширину вільної камери при $n_s = 130,2$: $\eta = f(n_s)$, $\bar{B} = f(n_s)$:

$$\eta = 0,52; \bar{B} = 0,34.$$

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

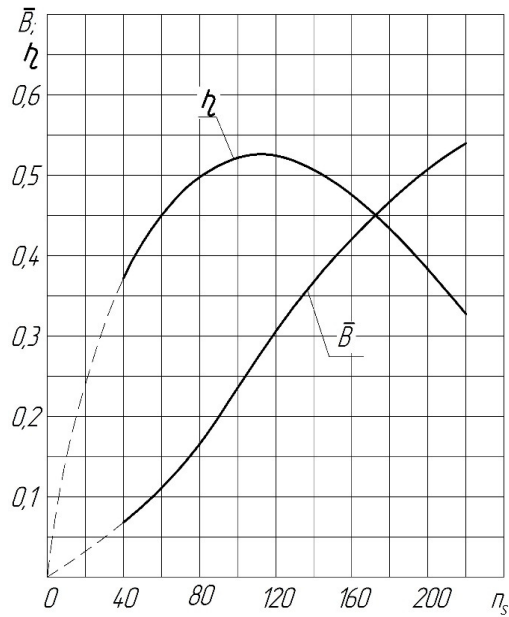


Рисунок 3.2 – Залежність ККД і відносної ширини вільної камери \bar{B} від n_s

3 Задаємося співвідношеннями основних розмірів робочого колеса:

$$\bar{D}_1 = 0,2, \bar{b}_2 = 0,15; z = 10; \bar{\delta} = 0,03.$$

4 На рис. 4.3 знаходимо:

$$F_1 = 0,0195.$$

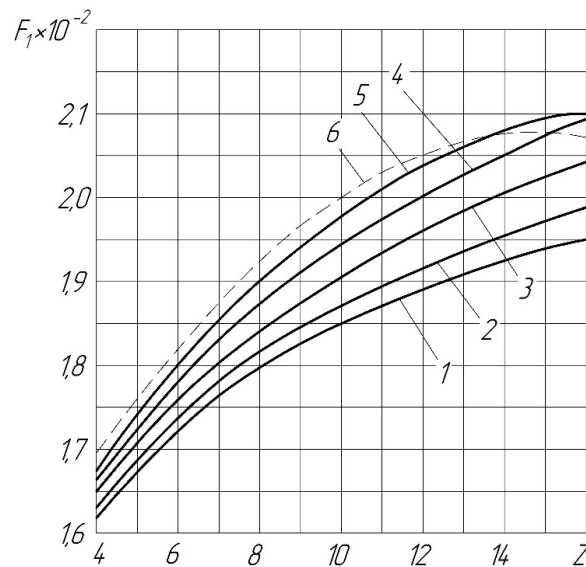


Рисунок 3.3 – Залежність функції F_1 від числа лопатей РК при $\bar{D}_1 = 0,2$:

$$1 - \bar{\delta} = 0,005; 2 - \bar{\delta} = 0,01; 3 - \bar{\delta} = 0,02;$$

$$4 - \bar{\delta} = 0,03; 5 - \bar{\delta} = 0,04; 6 - \bar{\delta} = 0,05$$

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

5 За рис. 3.4 визначаємо:

$$F_2 = f(\bar{B}/\bar{b}_2) ,$$

при $\bar{B}/\bar{b}_2 = 0,34 / 0,15 = 2,27 ; F_2 = 2,02 .$

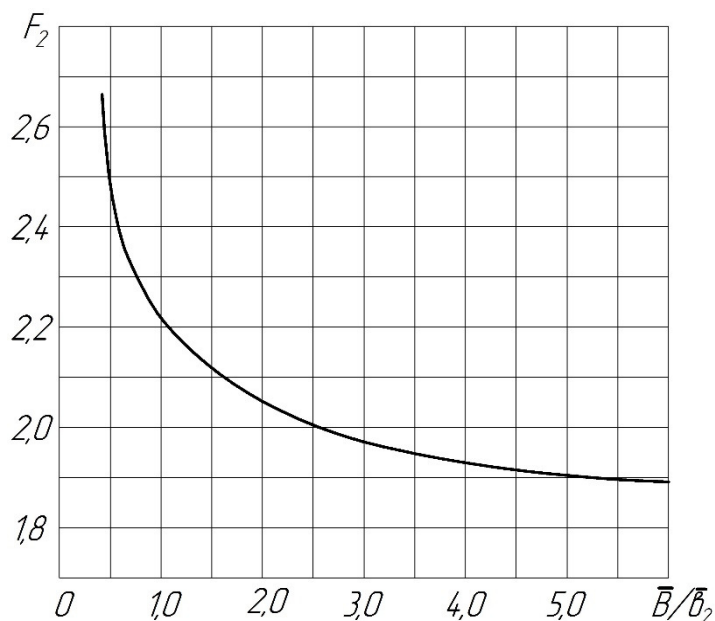


Рисунок 4.4 – Залежність функції F_2 від відношення \bar{B}/\bar{b}_2

6 Розраховуємо діаметр робочого колеса:

$$D_2 = \frac{A}{n} \cdot \sqrt{H} . \quad (3.2)$$

$$A = \left[\frac{\eta_{\text{мех}}}{K \cdot \eta \cdot F_1 \cdot F_2} \right]^{1/2} , \quad (3.3)$$

$\eta_{\text{мех}}$ – механічний ККД насоса (для малих і середніх насосів можна прийняти $\eta_{\text{мех}} = 0,95 - 0,97$); $K = 7,023 \cdot 10^{-3}$ – постійний коефіцієнт; η – ККД насоса, визначається залежно від n_s ; F_1 – функція, що враховує вплив відносних розмірів РК, визначається розрахунковим шляхом або з графічної залежності (рис. 4.3) для рекомендованого значення відносного вхідного діаметра РК $\bar{D}_1 = 0,2$; F_2 – функція, що враховує вплив відносних розмірів відводу, визначається за графіком залежно від відношення \bar{B}/\bar{b}_2 (рис. 4.4); n – частота обертів РК, об/хв.

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Приймаємо $\eta_{\text{мех}} = 0,95$;

$$A = \left[\frac{0,95}{7,023 \cdot 10^{-3} \cdot 0,52 \cdot 0,0195 \cdot 2,02} \right]^{1/2} = 81,27,$$

тоді

$$D_2 = \frac{81,27}{2940} \cdot \sqrt{45} = 0,186 \text{ м} = 186 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_2 = 190 \text{ мм.}$

7 Обчислюємо абсолютні розміри робочого колеса:

$$D_1 = \bar{D}_1 \cdot D_2; \quad D_1 = 0,2 \cdot 190 = 38 \text{ мм};$$

$$b_2 = \bar{b}_2 \cdot D_2; \quad b_2 = 0,15 \cdot 190 = 28 \text{ мм};$$

$$\delta = \bar{\delta} \cdot D_2; \quad \delta = 0,03 \cdot 190 = 5,7 \approx 6 \text{ мм.}$$

8 Знаходимо ширину вільної камери:

$$B = 0,34 \cdot 190 = 64,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо $B = 65 \text{ мм.}$

Перевіряємо ширину вільної камери за формулою В. Соляника [*]:

$$B = \left[K_B \left(\frac{2\bar{b}_2}{1 + \bar{D}_0} - \bar{\delta} \right) \right] D_2, \quad (3.4)$$

де D_2 – зовнішній діаметр робочого колеса, м;

$\bar{b}_2 = \frac{b_2}{D_2}$ – відносна ширина лопаті РК;

$$\bar{b}_2 = \frac{0,028}{0,190} = 0,15.$$

$\bar{D}_0 = \frac{D_0}{D_2}$ – відносний діаметр входу;

$$\bar{D}_0 = \frac{0,080}{0,190} = 0,421.$$

$\bar{\delta} = \frac{\delta}{D_2}$ – відносна товщина лопаті РК;

$$\bar{\delta} = \frac{0,006}{0,190} = 0,03.$$

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

K_B – коефіцієнт, що враховує швидкохідність насоса.

Величина K_B може бути визначена із залежності:

$$K_B = 16,4 \cdot 10^{-3} n_s - 0,422 ; \quad (3.5)$$

$$K_B = 16,4 \cdot 10^{-3} \cdot 130,2 - 0,422 = 1,71.$$

де n_s – коефіцієнт швидкохідності.

$$B = \left[1,71 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,15}{1 + 0,421} - 0,03 \right) \right] \cdot 0,190 = 0,060 \text{ м} = 60 \text{ мм}$$

З урахуванням перевірки і аналізу, приймаємо остаточну ширину вільної камери: $B = 0,65 \text{ м} = 65 \text{ мм}$.

9 Приймаємо кільцевий відвід, основні геометричні розміри якого такі:

$$D_3 = D_2 + B ; \quad D_3 = 190 + 65 = 255 \text{ мм.}$$

10 Визначаємо діаметр входу в насос.

Вхідний коефіцієнт швидкості:

$$K_{v_0} = (0,2 - 0,25) \cdot (n_s / 100)^{2/3} , \quad (3.6)$$

$$K_{v_0} = (0,2 - 0,25) \cdot (130,2 / 100)^{2/3} = 0,238 - 0,298 .$$

Приймаємо $K_{v_0} = 0,268$.

Швидкість у вхідному патрубку

$$V_0 = 0,268 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 45} = 7,96 \text{ м/с.}$$

Діаметр входу

$$D_0 = \sqrt{4 \cdot 160 / 3600 \cdot 3,14 \cdot 7,96} = 0,084 \text{ м.}$$

Умова $D_0 \geq B$ виконується.

Діаметри всмоктувального та напірного патрубків приймаємо у відповідності з ГОСТ 27854 – 88 “Насосы динамические. Ряды основных параметров”:

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$D_{\text{вх}} = 80 \text{ мм}; D_{\text{н}} = 65 \text{ мм}.$

Кінцеві діаметри патрубків приймаємо після розробки конструкції насоса.

11 Визначаємо потужність насоса на робочому режимі і підбираємо електродвигун:

$$N = \frac{\rho g Q H}{1000 \cdot \eta}; \quad (3.7)$$

$$N = \frac{1100 \cdot 9,81 \cdot 160 \cdot 45}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,52} = 41,5 \text{ кВт}.$$

Потужність електродвигуна:

$$N_{\text{эд}} = \kappa \cdot N, \quad (3.8)$$

де κ – коефіцієнт запасу, який обирають залежно від потужності:

до 2 кВт	$\kappa = 1,5;$
від 2 до 5 кВт	$\kappa = 1,25 - 1,5;$
від 5 до 50 кВт	$\kappa = 1,15 - 1,25;$
від 50 до 100 кВт	$\kappa = 1,08 - 1,15;$
від 100 кВт и більше	$\kappa = 1,05.$

Приймаємо: $\kappa = 1,25.$

$$N_{\text{эд}} = 1,25 \cdot 41,5 = 51,9 \text{ кВт}.$$

12 Визначаємо діаметр вала. Мінімальний діаметр вала насоса:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{N}{n} \cdot \frac{48960}{[\tau_{кр}]}}; \quad (3.9)$$

де $[\tau_{кр}]$ – допустиме напруження кручення, Па.

Матеріал вала: сталь 40 X, $[\tau_{кр}] = 200 \cdot 10^6 \text{ Па}.$

$$d_b = \sqrt[3]{\frac{41,5}{2940} \cdot \frac{48960}{200 \cdot 10^6}} = 0,0152 \text{ м}.$$

Приймаємо $d_b = 16 \text{ мм}.$

Остаточний розмір вала приймаємо при конструктивній розробці насоса.

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3.2 Розрахунок осьової сили

Досвід експлуатації ВВН свідчить про те, що осьова сила в цих насосах істотно більше, ніж у відцентрових насосах аналогічних розмірів. Характер руху рідини в проточній частині та допоміжних трактах ВВН (підводі, вільної камері, відвід, РК, бічних пазухах і ін.) дуже складний і мало вивчений, тому в даний час відсутні способи надійного аналітичного визначення складових результуючої осьової сили. Розрахунок осьових сил в ВВН ґрунтується на результатах експерименту.

На ротор СВН діє результуюча осьова сила, зазвичай спрямована в бік, протилежний напрямку входу рідини в РК.

Для визначення результуючої осьової сили використовуємо формулу [2]:

$$A = \pi \rho g H [\beta (R_2^2 - R_{em}^2) - \psi_2 (R_2^2 - R_1^2)] - \frac{\pi}{4} k^2 \rho R_2^4 \omega^2 (1 - \bar{R}_{em}^2)^2 \quad (3.10)$$

де $R_{em} = 0,015$ – радіус втулки;

β – експериментальний коефіцієнт;

ψ_2 – коефіцієнт;

$$\bar{R}_{em} = \frac{R_{em}}{R_2} = \frac{0,015}{0,0925} = 0,162 \text{ - відносний радіус втулки робочого колеса;}$$

$k = 0,486$ – експериментальний коефіцієнт;

Знаходимо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{nD_2^2}{\nu} \quad (3.11)$$

де $\nu = 1,79 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ кінематичний коефіцієнт в'язкості води при температурі 20°C

$$Re = \frac{2940 \cdot 0,185^2}{60 \cdot 1,79 \cdot 10^6} = 0,937 \cdot 10^6$$

Так як число Рейнольдса знаходиться за межами кореляційної залежності для

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

β коефіцієнта та коефіцієнта ψ_z , точність яких перевірена в діапазоні $0,4 \cdot 10^6 \leq Re \leq 1,3 \cdot 10^6$

$$\beta = 0,407 + \frac{0,361 \cdot 10^6}{Re} \quad (3.12)$$

$$\beta = 0,407 + \frac{0,361 \cdot 10^6}{0,937 \cdot 10^6} = 0,792$$

$$\psi_z = -0,105 + \frac{0,511 \cdot 10^6}{Re} \quad (3.13)$$

$$\psi_z = -0,105 + \frac{0,511 \cdot 10^6}{0,937 \cdot 10^6} = 0,440$$

Кутову швидкість робочого колеса знайдемо за формулою

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 2940}{30} = 307,7 \text{ с}^{-1}$$

Знаходимо результуючу осьову силу

$$A = 3,14 \cdot 1100 \cdot 9,81 \cdot 45 [0,792(0,0925^2 - 0,015^2) - 0,440(0,0925^2 - 0,015^2)] - \frac{3,14}{4} \cdot 0,486^2 \cdot 1100 \cdot 0,0925^4 \cdot 307,7^2 (1 - 0,162^2)^2 = 4282 \text{ Н}$$

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3.3 Розрахунок радіальної сили

Радіальна сила в насосі виникає внаслідок окружний нерівномірності параметрів потоку на вхідній і напірної сторони РК. На розподіл швидкостей і тисків рідини на виході з РК значний вплив мають тип відведення і геометрія його елементів.

У насосах з кільцевими відводами, виконаними у вигляді циліндричної камери, максимальна радіальна сила виникає на режимах, близьких до оптимального.

Радіальну силу в СВН з кільцевих відведенням можна визначити за виразом [2]:

$$R = k_R \left[1 - \left(\frac{Q}{Q_{\text{опт}}} \right)^2 \right] \rho g H D_2 b_{2\text{д}}, \quad (3.14)$$

де $k_R = 0,2$ - безрозмірний коефіцієнт радіальної сили

$b_{2\text{д}} = b_2 + \delta = 37 + 4 = 41_{\text{мм}}$ – ширина РК на виході, включно з товщиною диска;

$Q_{\text{опт}} = Q = 160 \text{ м}^3/\text{год}$ – подача насоса в оптимальному режимі.

Знайдемо радіальну силу:

$$R = 0,2 \left[1 - \left(\frac{160}{160} \right)^2 \right] 1100 \cdot 9,81 \cdot 45 \cdot 0,185 \cdot 0,041 = 736 \text{ Н}$$

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3.4 Розрахунок насоса на кавітацію

Розрахунок насоса на кавітацію проводимо за рекомендаціями [2]. При розрахунку необхідно визначити значення допустимого кавітаційного запасу $h_{доп}$.

1 За рис. 3.4 при $Z = 10$ знаходимо кавітаційний коефіцієнт швидкохідності:

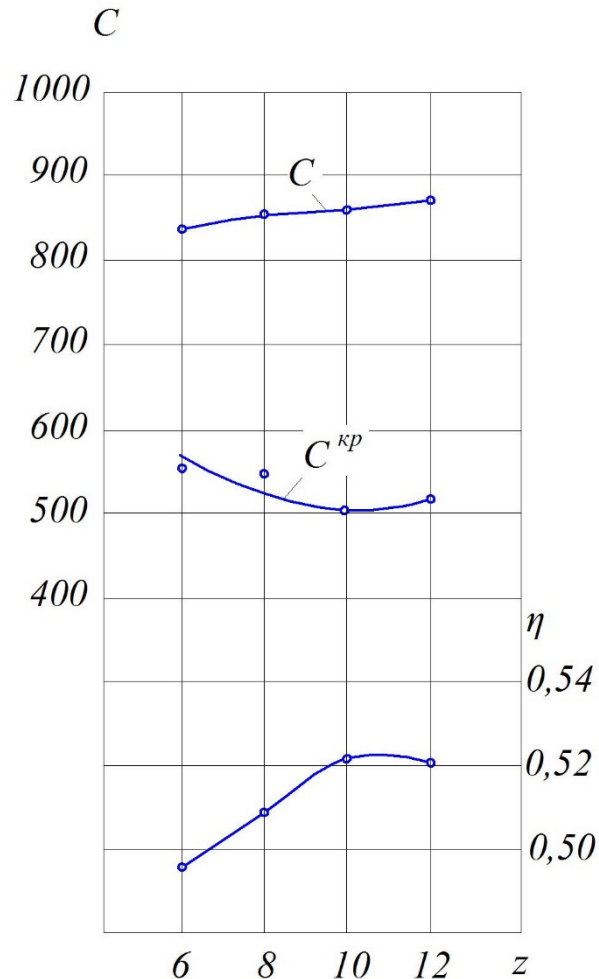


Рисунок 3.4 – Залежність кавітаційних коефіцієнтів швидкохідності ВВН від Z

$$C = 860.$$

2 Для визначення мінімального кавітаційного запасу використовуємо формулу С. С. Руднева

$$\Delta h_{кр} = 10 \cdot \left(\frac{n \cdot \sqrt{Q}}{C} \right)^{4/3}, \quad (3.15)$$

де n – частота обертання насоса, об/хв; Q - подача, м³/с; C - кавітаційний коефіцієнт швидкохідності, що характеризує кавітаційні якості насоса.

3 Розраховуємо критичний кавітаційний запас:

$$\Delta h_{кр} = 10 \cdot \left(\frac{2940 \cdot \sqrt{160 / 3600}}{860} \right)^{4/3} = 6,46 \text{ м.}$$

4 Визначаємо допустимий кавітаційний запас за формулою:

$$\Delta h_{доп} = (1,1 - 1,3) \Delta h_{кр} . \quad (3.16)$$

$$\Delta h_{доп} = 1,2 \cdot 6,46 = 7,75 \text{ м.}$$

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

4. Розрахунок вибору привода насоса

4.1 Вибір електродвигуна

Потужність насоса при роботі на номінальному режимі визначається за формулою

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta} \quad (4.1)$$

$$N = \frac{1100 \cdot 9,81 \cdot 160 \cdot 45}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,52} = 41,5 \text{ кВт}$$

Потужність електродвигуна:

$$N_{\text{эд}} = k \cdot N, \quad (4.2)$$

де k – коефіцієнт запасу, який обирають залежно від потужності (1,1-1,3).

$$N = 1,3 \cdot 41,5 = 54 \text{ кВт.}$$

За проведеними розрахунками обираю електродвигун АИР225М2У3

(рис. 4.1, 4.2) з параметрами [3]:

- потужність $N_{\text{дв}} = 55$ кВт;
- частота обертання $n = 2940$ об хв .

Структура умовного позначення електродвигуна:

- А – асинхронний;
- И – уніфікована серія (И – Інтерелектро);
- Р – прив'язка потужностей до встановлювально-приєднувальних розмірів (Р – за РС 3031-71);
- 225 – габарит, мм;
- М – встановлювальний розмір по довжині станини;
- 2 – число полюсів;
- У3 – кліматичне виконання (для помірного клімату)

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.050502.04ВР.000.00ПЗ

Арк.

24



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд асинхронного електродвигуна
АИР225М2У3

Таблиця 4.1 – Габаритні та встановлювальні розміри електродвигуна
АИР225М2У3

Тип двигуна	Число полюсів	Габаритні розміри, мм		Встановлювальні та приєднувальні розміри, мм							
		l30	h31	l1	l10	l31	d1	d10	b10	h10	h
АИР225М	2	820	560	140	311	149	55	19	356	12	225

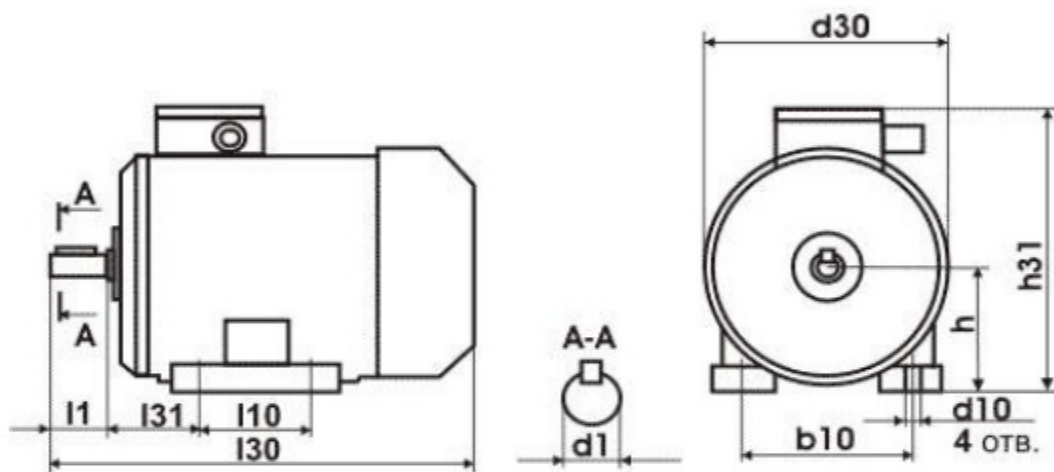


Рисунок 4.2 – Габаритне креслення електродвигуна серії АИР

4.2 Розрахунок пускової моментної характеристики

Після вибору електродвигуна проводиться побудування графіка залежності моменту опору агрегату від частоти обертання.

Графік залежності моменту опору будується за трьома точками:

- початкового моменту руху ($n_A=0$ - точка А);
- мінімального моменту опору агрегату (точка В);
- повного розгону електродвигуна (n).

Початковий момент пуску агрегату ($n_A=0$):

$$M_A = 0,21M_{\text{ном}}, \quad (4.3)$$

де $M_{\text{ном}}$ – номінальний момент на валу електродвигуна, Н·м:

$$M = \frac{N}{\omega} \quad (4.4)$$

Тому:

$$M = \frac{41500}{307,7} = 134,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Звідси:

$$M_A = 0,21 \cdot 134,9 = 28,33 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору агрегату при повному розгоні електродвигуна:

$$M_{\max} = \frac{N_{\max}}{\omega} \quad (4.5)$$

де N_{\max} – максимальна потужність насоса, Вт:

$$N_{\max} = N_{\text{дв}}$$

$$N_{\text{дв}} = 55 \text{ кВт}$$

Звідси:

$$M_{\max} = \frac{55000}{307,7} = 178,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мінімальний момент опору відповідає точці В з координатами:

$$n_B = 0,3n_{\text{ном}}, \quad (4.6)$$

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.050502.04BP.000.00ПЗ

рк.

27

де $n_{\text{ном}}$ – номінальна частота обертання вала електродвигуна, об/хв;

$$n_B = 0,3 \cdot 2940 = 882 \text{ об/хв.}$$

$$M_B = 0,03M_{\text{max}}, \quad (4.7)$$

Отже:

$$M_B = 0,03 \cdot 178,7 = 5,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Коефіцієнт параболі визначається за величиною моменту при повному розвороті двигуна:

$$k = \frac{M_{\text{max}}}{n^2} \quad (4.8)$$

$$k = \frac{178,7}{2940^2} = 2,06 \cdot 10^{-5}$$

За визначеним коефіцієнтом параболі проводиться розрахунок обертового моменту насоса для частот від $n = 0$ до n_{max} :

$$M = kn^2. \quad (4.9)$$

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.050502.04ВР.000.00ПЗ

Арк.

28

Результати розрахунку заносяться до табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Пускова моментна характеристика

п, об/хв	0	375	750	1125	1500	1875	2250	2625	2940
М, Н·м	0	2,9	11,6	26,1	46,35	72,42	104,3	142,0	178,1

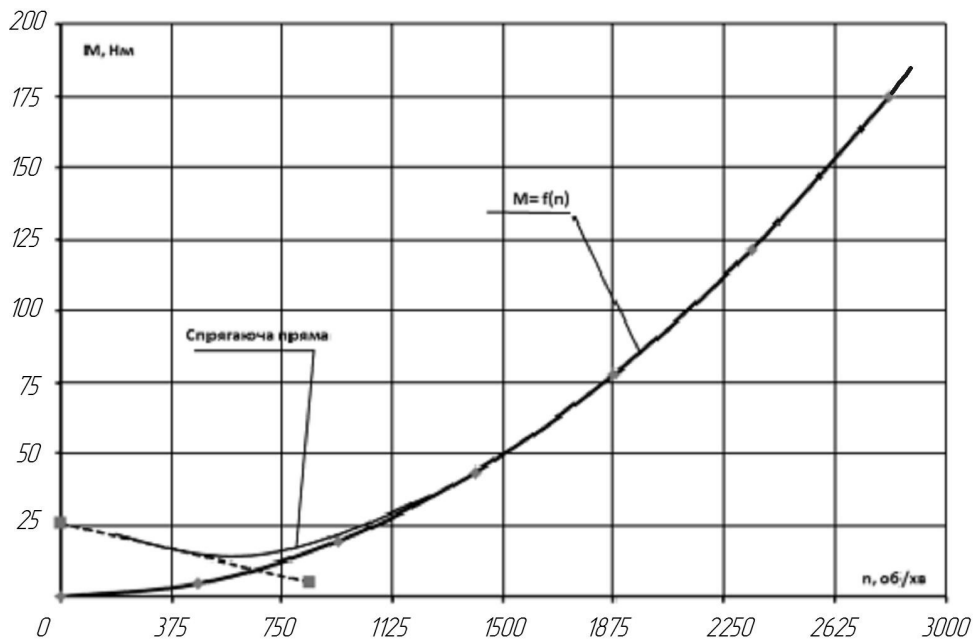


Рисунок 4.3 – Пускова моментна характеристика

5 Механічні розрахунки

5.1 Конструювання вала

Для конструювання вала необхідно визначити його геометричні розміри. на рисунку 5.1 показані основні геометричні розміри вала [4].

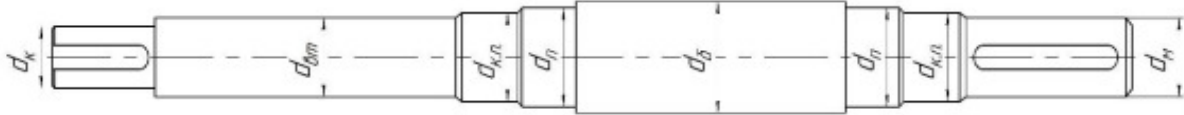


Рисунок 5.1 – Основні геометричні розміри вала

Діаметр посадочного місця робочого колеса визначаємо за формулою розрахунку на кручення, м:

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{\max}}{\pi \cdot [\tau]}} \quad (5.1)$$

де M_{\max} – момент опору агрегату при повному розгоні електродвигуна, Н · м;

$[\tau] = (10 \div 30) \cdot 10^6$ – дотичне напруження при крученні, Па.

Для подальшого розрахунку дотичне напруження на кручення приймаємо $[\tau] = 20 \cdot 10^6$ Па.

Момент опору агрегату при повному розгоні електродвигуна визначається за формулою, Н · м:

$$M_{\max} = \frac{N_{\max}}{\omega} \quad (5.2)$$

де $N_{\max} = N_{дв}$ - максимальна потужність насоса, Вт:

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$M_{\max} = \frac{55000}{307,7} = 178,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Підставивши числові значення у формулу :

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 178,7}{3,14 \cdot [20 \cdot 10^6]}} = 0,036 \text{ м}$$

Для подальшого розрахунку приймаємо $d_k = 0,036 \text{ м}$.

Діаметр під посадкове місце напівмуфти визначаємо за формулою:

$$d_M = 0,8 \div 1,2 d_{\text{дв}}, \quad (5.3)$$

$$d_M = 1,0 \cdot 0,036 = 0,036 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр зі стандартного ряду $d_M = 36 \text{ мм}$.

Діаметр посадкового місця під захисну втулку за формулою, м:

$$d_{\text{вт}} = d_k + 0,006 = 0,036 + 0,006 = 0,042 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр під захисну втулку $d_{\text{вт}} = 0,42 \text{ м}$.

Діаметр валу під манжет, розміщену на кришці підшипника визначаємо за формулою, м:

$$d_{\text{к.п.}} = d_M + (0,005 \div 0,01), \quad (5.4)$$

$$d_{\text{к.п.}} = 0,035 + 0,01 = 0,045 \text{ м.}$$

Діаметр під манжету приймаємо за ГОСТ 8752-79 , $d_{\text{к.п.}} = 45 \text{ мм}$.

Діаметр посадкової поверхні підшипника такий, як під манжету.

де r – координата фаски підшипника, що вибирається залежно від діаметра посадочної поверхні підшипника за таблицею 5.1.

Таблиця 5.1 – Визначення координати фаски підшипника

d_n , мм	17-24	25-30	32-40	42-50	52-60	62-70	71-85
r , мм	1,6	2	2,5	3	3	3,5	3,5

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-------	------	----------	--------	------

6.050502.04ВР.000.00ПЗ

Арк.

31

Як видно з таблиці 5.1 координата фаски підшипника для діаметру посадкової поверхні під підшипник становить $r = 3$ мм.

$$d_6 = 0,045 + 3 \cdot 0,003 = 0,054 \text{ м.}$$

5.2 Розрахунок вала на статичну міцність

1 Вихідні дані

Матеріал валу - сталь 40.

Межа плинності матеріалу валу - $\sigma_T = 294$ Мпа.

Максимальна потужність, споживана насосом - $N_{\max} = 41,5$ кВт.

Частота обертання вала - $n = 2940$ об / хв.

Розрахункова схема.

Вал насоса знаходиться в умовах спільної дії вигину і крутіння. Найбільш небезпечним є переріз А-А (рис. 5.2) під робочим колесом, оскільки в цьому перерізі діє максимальний крутний момент і сам переріз ослаблений шпонковим пазом.

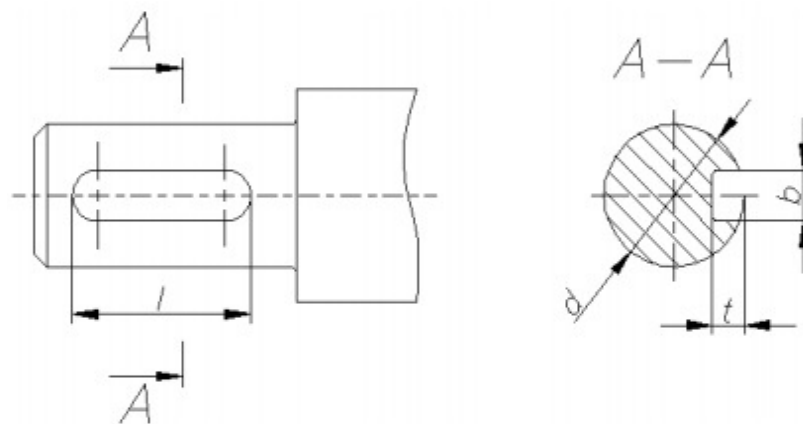


Рисунок 5.2 – Переріз вала під колесом

Розрахунок небезпечного перерізу на статичну міцність

Крутний момент, що передається валом

$$M_{кр} = 9551 \frac{N}{n} \quad (5.5)$$

$$M_{кр} = 9551 \cdot \frac{41,5}{2940} = 134,8 \text{ Нм}$$

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-------	------	----------	--------	------

6.050502.04BP.000.00ПЗ

рк.

32

Максимальний згинальний момент приймаємо

$$M_u = 0,1 \cdot M_{кр}; \quad (5.6)$$

$$M_u = 0,1 \cdot 134,8 = 13,48 \text{ Нм}$$

Моменти опору перерізу кручення і вигину з урахуванням ослабленого перерізу шпонковим пазом обчислюють за формулами

$$W_{кр} = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt(d-t_1)^2}{2d} \quad (5.7)$$

$$W_u = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt(d-t_1)^2}{2d} \quad (5.8)$$

де d – діаметр вала в місці установки колеса, м;

t_1 - глибина паза вала, м;

b - ширина шпонки, м.

Розміри перерізу: $d=0,036$ м; $t_1=0,005$ м; $b=0,01$ м.

$$W_{кр} = \frac{3,14 \cdot 0,036^3}{16} - \frac{0,01 \cdot 0,005(0,036 - 0,005)^2}{2 \cdot 0,036} = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$W_u = \frac{3,14 \cdot 0,036^3}{32} - \frac{0,01 \cdot 0,005(0,036 - 0,005)^2}{2 \cdot 0,036} = 3,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напруга обертання і вигину відповідно

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} \quad (5.9)$$

$$\tau_{кр} = \frac{134,8}{8,5 \cdot 10^{-6}} = 15,9 \text{ МПа}$$

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} \quad (5.10)$$

$$\tau_{кр} = \frac{13,48}{3,9 \cdot 10^{-6}} = 3,5 \text{ МПа}$$

Еквівалентне напруження в небезпечному перерізі

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_u^2 + 3\tau_{кр}^2} \quad (5.11)$$

$$\sigma_{экв} = \sqrt{3,5^2 + 3 \cdot 15,9^2} = 27,8 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу за межою текучості

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{экв}} \quad (5.12)$$

$$n_T = \frac{294}{27,8} = 10,6$$

Допустимий запас $[n]=2,2$;

$$n > [n].$$

Умова міцності виконується

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

6 Вибір та розрахунок ущільнення насоса

Зазвичай в насосах типу СВН застосовують ущільнення сальникового типу як показано на рисунку 6.1 [4].

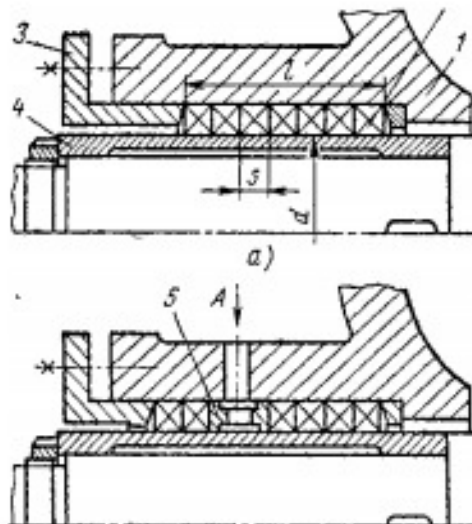


Рисунок 6.1 – Конструкція сальникового ущільнення

Ущільнення сальникового типу набули широкого застосування в насосах завдяки простоті їх конструкції. Як набивку найчастіше використовують паронітові шнури, скручені у кільця. Сальникові ущільнення використовуються для тисків, що не перевищують 1,0 МПа. Для нормальної роботи сальникового ущільнення необхідно забезпечити змащування поверхонь, що труться та відведення тепла, що виділяється при терті. Тому затяжка набивного ущільнення повинна бути такою, щоб через нього було забезпечено протікання рідини у кількості 10 - 15 л/год. Затягування ущільнення до повного припинення протікань не допускається, тому що при цьому відбувається вигорання змазки ущільнення та пошкодження поверхонь, що контактують з набивкою.

Товщина кільця набивки сальника, мм:

$$S = \sqrt{d} \quad (6.1)$$

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

де d – діаметр посадочного місця набивки сальника, мм.

Тоді

$$S = \sqrt{50} = 7,1$$

Приймаємо $S = 7$ мм.

Довжина сальникового ущільнення, мм:

$$L = i \cdot S, \quad (6.2)$$

де $i = 4 \div 6$ – кількість кілець набивки, шт.

Приймаємо $i = 4$ шт

$$L = 4 \cdot 7 = 28 \text{ мм}$$

Втрати потужності в сальнику:

$$N_C = \omega \cdot \pi \cdot r^2 \cdot S \cdot p_0 \frac{\mu_1}{\mu_2} \cdot e^{-2\mu_2 \frac{L}{S}} - 1 \quad (6.3)$$

де $r = d_{\text{вт}}/2 + 0,7$ - радіус захисної втулки, см;

$\mu_1 = 0,01 \div 0,02$ – коефіцієнт тертя набивки по поверхні захисної втулки;

$\mu_2 \approx 0,5$ – коефіцієнт тертя набивки по поверхні корпуса;

$L = 2,4$ см;

$S = 0,7$ см;

$p_0 = 1,02$ кгс/см²

Звідси:

$$N_C = 307,7 \cdot 3,14 \cdot 3,2^2 \cdot 0,7 \cdot 1,02 \cdot \frac{0,01}{0,5} \cdot e^{2 \cdot 0,5 \cdot \frac{2,4}{0,7}} - 1 = 4355 \text{ Вт}$$

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.050502.04ВР.000.00ПЗ

Арк.

36

7 Вибір підшипників та розрахунок на довговічність

За розрахованим у п 5.1 діаметром d_n вибирають тип та марку підшипників, їх динамічну C (Н) та статичну вантажопідйомність C_0 (Н).

Тип – шарикопідшипник радіально-упорний, однорядний легкої вузької серії.

Позначення – 36210 , ГОСТ 831-75

$$C=35,5 \text{ кН}$$

$$C_0=28,5 \text{ кН}$$

Розрахунок проводиться для більш навантаженої опори . Перед розрахунком необхідно визначитися з ресурсом роботи підшипника L_h . Середній ресурс підшипника дорівнює = 20000 годин.

Еквівалентне динамічне навантаження визначається за формулою [5]:

$$P = X \cdot F_r \cdot V + Y \cdot F_a \cdot K_\delta \cdot K_T \quad (7.1)$$

де , $F_r=R$, $F_a=T$ – радіальне та осьове навантаження, Н;

$V=1$ - коефіцієнт обертання;

$K_\delta=1$ – коефіцієнт швидкохідності для спокійного навантаження;

K_T – температурний коефіцієнт: $K_T=1$ при температурі підшипника $t \leq 100 \text{ C}^\circ$,

$K_T=1,4$ при $t \approx 250 \text{ C}^\circ$;

X , Y – коефіцієнти радіального та осьового навантаження відповідно.

$$X=1$$

$$Y=0$$

$$P = 1 \cdot 736 \cdot 1 + 0 \cdot 4282 \cdot 1 \cdot 1 = 736$$

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Розрахунковий ресурс підшипника для кулькових підшипників, год:

$$L_{hp} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60n} \quad (7.2)$$

$$L_{hp} = \left(\frac{35500}{736} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 2940} = 636140_{год}$$

Умова довговічності підшипників:

$$L_{hp} \geq L_h$$
$$636140 \geq 20000$$

Таким чином умова розрахунку підшипників на довговічність виконується.
Тобто, підшипник обраний вірно.

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

8 Розділ охорони праці

Захист людини від дії електромагнітних полів

Розділ виконано за матеріалами літератури [6].

Сьогоднішній світ а, тим більше, завтрашній важко уявити без комп'ютерів, телевізорів, іншої електронної техніки, генеруючих слабкі електричні та магнітні змінні поля в широкому діапазоні частот. Тому що ці поля значно слабші від статичного магнітного поля землі та її електричних полів, важко було припустити, що вони небезпечні для здоров'я. З цієї причини дослідження в даному напрямку не одержували підтримки та належної уваги. Дослідження останніх років довели, що електромагнітні випромінювання вищезгаданих електронних приладів містять торсіонну компоненту, яка несе інформацію про процеси, що протікають у тому чи іншому електронному приладі. Торсіонні поля володіють високою проникаючою здатністю і не піддаються ніякому екрануванню. Їхній вплив на користувача приладів таїть у собі небезпеку. Інформація призначена для людей з метою попередити користувачів персональних комп'ютерів, телевізорів, іншої електронної техніки, що зневага до вже відомих простих методів захисту від негативного впливу вищезгаданої техніки загрожує дуже несприятливими наслідками для здоров'я.

Досліди, проведені в США та Швеції виявили, що, навіть якщо електромагнітні поля, що створюються технічними системами, в сотні разів слабші від природного поля землі, можуть бути небезпечними для здоров'я. Раніше вважалося, що низько інтенсивні поля не іонізаційного рівня є безпечними. Напруженість електричного поля в зоні монітору складає 1-10 в/м, магнітна індукція складає 0,1-10 мгц, що значно нижче природного фону землі (відповідно біля 140 в/м та біля 400 мгц). Такого ж порядку поля в зоні розташування телевізора та інших побутових пристроїв. Те, що електромагнітні випромінювання такої низької інтенсивності такі небезпечні для людини,

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

виявилось дуже несподіваним. Вважалося, що небезпечним є високо інтенсивне іонізуюче опромінення, а небезпечність таких низько інтенсивних полів важко було навіть передбачити. Статистика захворюваності каже про те, що дуже застарілою є думка про безпечність іонізуючого магнітного опромінення. Механізм дії низькоінтенсивного електромагнітного опромінення на біологічні системи сучасна наука ще не розкрила, але медиками вже відкриті факти існування надзвичайно серйозної небезпеки. За цих обставин заспокоювання громадськості міркуваннями про низький рівень техногенного опромінення порівняно з рівнями природних полів та про їх немовби безпечності в наслідок відсутності іонізації, не можуть залишатися переконливими, оскільки доводять зворотне.

Те, що штучно створене електромагнітне опромінення з інтенсивністю значно меншою, ніж природні поля, таке шкідливе для людини, спонукає зробити висновок, що між штучними полями та природними полями існує фундаментальна якісна розбіжність. Природа цієї розбіжності ще потребує розкриття та вивчення. У роботах в.н анісімова (санкт-петербург) приводяться результати дослідів шведських вчених, проаналізувавши відомості про частоту раку серед 400 тис. Осіб, що мешкають в будинках, які знаходяться на відстані до 300 м від високовольтної лінії електропередач. В цій групі було виявлено 142 дитини з різними видами злоякісних новоутворень та 548 дорослих з пухлинами мозку або лейкозом. При цьому виявилось, що ризик виникнення захворювань збільшується вже при досягненні рівня магнітної індукції 3 мГц, що значно нижче природного поля землі. Як бачимо, не все гаразд в розумінні проблеми безпеки електромагнітних полів. Те, що небезпека присутня там, де є електромагнітні поля, змусило зв'язати цю небезпеку з рівнем енергії полів. Останні дослідження виявили дещо зовсім несподіване. Не тільки джоулі та вати визначають небезпечний вплив. Є дещо третє, ще не відкрите наукою. І це „дещо”, ніяк не пов'язане з енергією поля, постійно супроводжує

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромагнітні поля, створюючи ілюзію небезпеки силового електромагнітного поля та приховує істинного винуватця небезпечного впливу на людину. Ця проблема достатньо глибока, вона торкається основ електромагнетизму. В електромагнітних полях залишаються не дослідженими їх структурні особливості. Ці особливості ніяк не впливають ні з рівнянь максвела, ні з квантової теорії. Вони не пов'язані з напрямом і з енергетичними проявами електромагнітних полів.

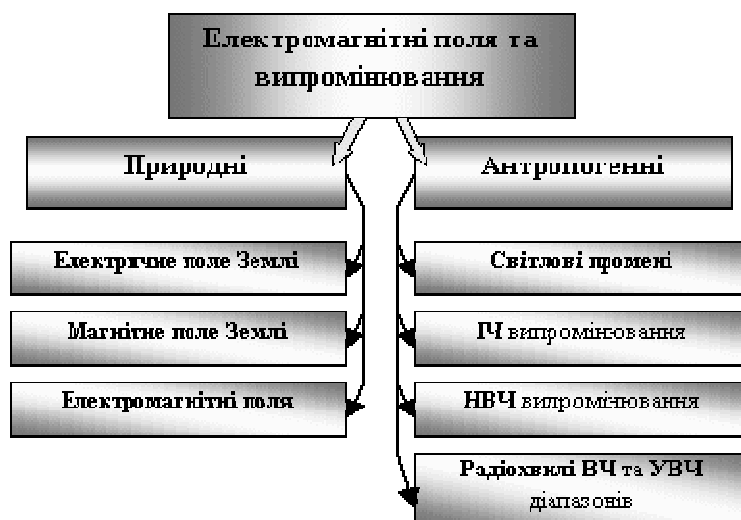
Джерела емп поділяють на природні та штучні.

До природних джерел емп належать:

- Атмосферна електрика;
- Радіовимірювання з космосу;
- Електричне та магнітне поле землі.

До штучних джерел належать:

- Лінії електропередач (леп);
- Телевізійні та радіотрансляційні станції;
- Радіолокаційні та радіонавігаційні установки;
- Трансформатори високої частоти;
- Вимірювальні, лабораторні та медичні прилади.



Емп поділяють на поля:

- Високої частоти - вч;
- Ультрависокої частоти - увч;
- Надзвичайно високої частоти – нвч.

В медицині використовують поля увч, нвч, твч. Природа їх виникнення та поширення така сама як й інфрачервоного, рентгенівського та гамма-випромінювання. Різниця між цими видами енергії – у довжині хвилі і частоті коливань.

Джерела:

- **Електромагнітних полів** — атмосфера електрика, радіовипромінювання сонця і галактик, електричні і магнітні поля землі, штучні джерела випромінювання;
- **Постійних магнітних полів**— електромагніти, соленоїди, імпульсні установки напівперіодного або конденсаторного типу, вилиті і металокерамічні магніти.

В залежності від потужності та засобів їх зміни (модуляції) дія емп на здоров'я людини може бути:

- Шкідливою;
- Нейтральною;
- Корисною (терапевтичною, лікувальною).

Прикладом умовно нейтральної та корисної є дія на людину емп природного походження — випромінювання сонця, місяця, планет та галактики в цілому. Всі живі організми еволюційно пристосовані до неї,

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

виникли та існують завдяки їй. Якщо помістити живу клітину чи людину в металевий екран, то за певний час виникає переродження клітини, а людина відчуває дискомфорт та може захворіти. Для людей похилого віку, хворих та ослаблених навіть невеликі коливання емп природного походження приводять до метеозалежності, погіршеного самопочуття, а іноді і до загибелі. Відома, наприклад, залежність між сонячною активністю та кількістю загиблих від серцево-судинних захворювань. Сонячна активність також впливає на виникнення епідемій чуми, холери, дизентерії, грипу та інших інфекційних захворювань.

В деяких випадках емп антропогенного походження виконують позитивну, лікувальну дію. Відомі методи та засоби лікування людей відносно потужними емп з метою прогріву та перегріву біологічних тканин, наприклад, злоякісних пухлин, аденоми простати та ін. Для їх деструкції та видалення (емп фізіотерапія та гіпертермія).

В останній час широко використовуються методи та засоби інформаційно-хвильової терапії (іхт), де позитивні терапевтичні наслідки досягаються за допомогою спеціальним чином організованих емп зверхнизької потужності. Такі поля допомагають нормалізувати електромагнітний гомеостаз організму, що приводить також до нормалізації його функціонального стану.

Прикладами шкідливого впливу емп на людину є поля, що випромінюються сучасними радіолокаційними станціями надвисокої потужності, промисловими установками, системами для висушування дерева та сіна, стерилізації органічних сполук та продуктів харчування, гною, боротьби з шкідниками та бур'янами. Відомі випадки захворювання очей, головного мозку, статевих органів та вегето-судинної системи, що виникли внаслідок таких опромінь. За останній час особливо поширеними стали використання мобільних телефонів, що пов'язано з наближенням потужних випромінювачів до вуха та близько розташованих залоз

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

внутрішньої секреції, голови та мозку. В зв'язку з багаточисельними скаргами на погіршення стану здоров'я операторів мобільного зв'язку зараз проводяться детальні дослідження особливостей негативного впливу ґраткових, мобільних та радіотелефонів.

Негативна дія постійних магнітних і електростатичних полів залежить від напруги і часу дії. У результаті дії полів, які мають напруженість, що перевищує гранично допустимий рівень, розвиваються порушення з боку нервової, серцево-судинної систем, органів травлення і деяких біохімічних показників крові.

Таким чином, техногенні емп являються переважно шкідливими для людини. Особливо велика шкода виникає в тому разі, коли рівні цих емп перевищують гдр, встановлені санітарними нормами.

Питання охорони здоров'я населення України від впливу емп має важливе медичне та соціально-економічне значення. Особлива увага при цьому приділяється санітарному нагляду за джерелами випромінювання.

Основою організації санітарного нагляду є санітарні норми і правила, які, крім обов'язкових норм, містять також основні положення гігієнічних вимог до розміщення та засобів використання джерел випромінювання.

Основними напрямками в процесі розробки засобів захисту від дії емп є: зменшення інтенсивності опромінювання безпосередньо від самого джерела опромінювання, екранування робочого місця або віддалення його від джерела опромінювання, застосування засобів індивідуального захисту.

Засоби захисту мають відповідати таким вимогам: не викривляти істотно електромагнітне поле; не знижувати якості технічного обслуговування і ремонту; не знижувати продуктивності праці.

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Віддалення робочого місця від джерела опромінювання – один із засобів зниження інтенсивності опромінювання людей на підприємстві. Він реалізується завдяки дистанційному керуванню і автоматизованому контролю за роботою.

Як засіб індивідуального захисту від емп нвч використовують спеціальний одяг – комбінезони, халати і т.ін.

Найбільш ефективним методом захисту від електромагнітних випромінювань є встановлення відбиваючих або поглинаючих екранів.

Якщо ви змушені мешкати або знаходитися в місцевості, де працюють різноманітні джерела випромінювання емп, треба пам'ятати:

- Найкращий засіб для збереження здоров'я від впливу емп — не перебувати поблизу їх джерел та випромінювачів;
- Не знаходитися, не відпочивати, не використовувати земельні ділянки поблизу ліній передачі електроенергії та трансформаторних підстанцій;
- По можливості уникати близького контакту з працюючими електронними потужними приладами, телевізорами, комп'ютерами, мобільними телефонами;
- При користуванні засобами мобільного зв'язку не намагатися вставити антену передавача в вухо. Набагато краще тримати цей засіб так далеко, щоб тільки було чути вашого кореспондента;
- Обмежувати використання одягу з синтетичних тканин; в першу чергу це стосується білизни, шкарпеток та ін. Краще їх замінити тканинами з бавовни та льону;
- В разі неможливості уникнення впливу емп, треба захищати в першу чергу очі, голову та шию шляхом використання спеціальних поглинаючих або відбиваючих окулярів, халатів, шоломів та

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

різноманітних накидок. Для захисту житла чи присадибної ділянки, де ви працюєте, можливо також використовувати металеві сітки, що мають щільні ґратки, які треба добре заземлити в деяких місцях.

У сучасних містах продовжує невпинно зростати кількість джерел електромагнітного випромінювання: з'являються нові станції стільникового та супутникового зв'язку, модернізуються теле- та радіоретранслятори, розширюється мережа високовольтних ліній електропередач. А ще ж — мікрохвильові печі, радіотелефони, навіть звичайні фени, які несуть в собі приховану загрозу електромагнітного забруднення.

Але, власне, електромагнітне забруднення окремі фахівці зараховують до найнебезпечніших екологічних факторів, оскільки його дія ще до кінця не вивчена. Екологам навіть важко спрогнозувати, чим обернеться тривале перебування в умовах щільного електромагнітного поля, бо минуло ще не так багато часу, відколи мобільний зв'язок, високочастотні побутові прилади та комп'ютерна техніка увійшли в повсякденне життя.

Головний біль — це тільки перша захисна реакція організму на шкідливий вплив електромагнітного випромінювання. Результатом тривалої дії електромагнітного поля можуть бути онкологічні хвороби, зміна поведінки, втрата пам'яті, хвороби паркінсона та альцгеймера, синдром передчасної смерті дітей, погіршення репродуктивної функції.

Несприятливо впливають на організм людини електромагнітні випромінювання промислової частоти (50 герц) та частот радіохвильового діапазону. В помешканнях електромагнітні поля створюють: радіоапаратура, телевізори, холодильники тощо, що становить певну небезпеку. Безперечно, обійтися без електропобутових приладів неможливо, та й не потрібно.

Лінії електропередач напругою до 1150 кв, відкриті роздільні пристрої, до складу котрих входять комунікаційні апарати, пристрої захисту та автоматики,

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

вимірювальні прилади є джерелами електричних полів промислової частоти. Тривалий вплив таких полів знаходить вияв через суб'єктивні розлади (неврози, головний біль у скронях та в потилиці, відчуття в'ялості, розлади сну, погіршення пам'яті, дратівливість, апатія, депресія, серцевий біль, функціональні порушення центральної нервової системи, серцево-судинної системи, зміни складу периферійної крові тощо).

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.050502.04BP.000.00ПЗ

..рк.

47

9 Економічний розділ

Сертифікація нової техніки [7].

Сертифікація – це процедура, за допомогою якої визнаний у встановленому порядку орган документально засвідчує відповідність продукції, систем якості, систем управління якістю, систем управління довкіллям, персоналу встановленим законодавством вимогам. Сертифікація є важливою ланкою управління якістю продукції. В Україні питання сертифікації продукції регулюється Законом України "Про підтвердження відповідності" (травень 2001 р.).

Підтвердження відповідності – це діяльність, наслідком якої є гарантування того, що продукція, системи якості, системи управління якістю, системи управління довкіллям відповідають встановленим законодавством вимогам.

В Україні сертифікація здійснюється в Єдиній державній системі сертифікації і стандартизації УкрСЕПРО, яку створено відповідно до вимог нормативних документів ISO/IEC (координує її діяльність Держстандарт України). Призначена для здійснення добровільної та обов'язкової сертифікації продукції, процесів і послуг.

Згідно з цією системою за критерієм об'єкта сертифікації вирізняють такі її види: а) сертифікацію продукції; б) атестацію виробництва, що здійснюється для забезпечення стабільного рівня якості продукції; в) сертифікацію систем якості, що здійснюється на предмет підтвердження її відповідності вимогам міжнародних стандартів ISO серії 9000.

Кабінет Міністрів України затверджує нормативно-правовий акт – **Технічний регламент з підтвердження відповідності**, в якому міститься: опис видів продукції, що підлягає обов'язковому підтвердженню відповідності; вимоги безпеки для життя та здоров'я людини, тварин, рослин, а також майна та

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

охорони довкілля; процедури підтвердження відповідності цим вимогам; правила маркування і введення продукції в обіг.

Із введенням в дію цього нормативно-правового акта спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у сфері підтвердження відповідності офіційно публікує перелік національних стандартів, добровільне застосування яких виробником чи постачальником сприймається як доказ

відповідності продукції вимогам технічних регламентів.

Існують суттєві відмінності підтвердження відповідності в законодавчо регульованій сфері (сфера, в якій вимоги до продукції та умови введення її в обіг регламентуються законодавством) і в законодавчо нерегульованій сфері. В першій з них підтвердження відповідності є обов'язковою для виробника і постачальника, а в другій – на добровільних засадах.

Відповідність продукції вимогам законодавства засвідчується **декларацією про відповідність**, або **сертифікатом відповідності**. Декларацію про відповідність продукції складає виробник, якщо це передбачено технічним регламентом із підтвердження відповідності на цей вид продукції. При цьому виробник повинен надати органам, що здійснюють державний нагляд у сфері підтвердження відповідності, необхідну документацію, яка підтверджує об'єктивність декларування.

Сертифікація в законодавчо регульованій сфері проводиться за тими видами продукції і згідно з вимогами, які передбачені технічним регламентом з підтвердження відповідності. Сертифікацію здійснюють акредитовані спеціально уповноважені органи з сертифікації.

У разі позитивного рішення цей орган видає виробникам **сертифікат відповідності** – документ, який підтверджує, що продукція, системи управління якістю, системи якості, системи управління довкіллям, персонал

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

відповідають встановленим вимогам конкретного стандарту чи іншого нормативного документа, визначеного законодавством.

Сертифікат УкрСЕПРО – це документ, який підтверджує, що **продукція** відповідає законодавчо встановленим вимогам стосовно її якості і безпеки та внесена до реєстру сертифікованої продукції на території України.

Виробник чи постачальник зобов'язаний наносити на продукцію національний знак відповідності в законодавчо регульованій сфері і тим самим засвідчувати відповідність позначеної ними продукції вимогам технічних регламентів. У разі підтвердження відповідності уповноваженим органом із сертифікації до національного знака відповідності додається ідентифікаційний номер цього органу.

У законодавчо нерегульованій сфері виробник може скласти декларацію про відповідність за власною ініціативою. Це ж стосується сертифікації продукції. Вона здійснюється на договірних засадах між виробником чи постачальником і органом із сертифікації.

Провідну роль у галузі метрології, сертифікації та стандартизації в Україні

відіграє Державне підприємство "Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації і захисту прав споживачів" (ДП "Укрметртестстандарт"), система управління яким сертифікована (сертифікат на систему управління якістю зареєстрований у реєстрі системи сертифікації УкрСЕПРО 2005 р.) на надання послуг з виконання замірів і метрологічного контролю, стандартизації, випробувань і сертифікації продукції, сертифікації послуг, персоналу, систем управління якістю, систем управління навколишнім середовищем і систем управління безпеки харчових продуктів на відповідність ДСТУ 9001-2001.

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Цим підприємством запроваджено з початку 2012 р. власний знак відповідності на різні види продукції, у тому числі і продовольчі товари, який свідчить, що ДП "Укрметртестстандарт" перевірило відповідну продукцію і підтверджує, що вона відповідає вимогам законодавства і нормативних документів, чинних в Україні.

Знак відповідності – це композиція з літер латинського алфавіту UCSM, що є аббревіатурою англomовної історичної назви підприємства (Ukraine Centre of Standartization and Metrology).

Доцільність запровадження знаку відповідності зумовлена тим, що в даний час істотно скорочений перелік продуктів, який підлягає обов'язковій сертифікації (у такому переліку залишилося в 2014 р. лише алкогольні напої, дитяче харчування і тютюнові вироби), а тому споживачам важко зорієнтуватися у виборі якісної продукції. Наявність на продукції Знака відповідності полегшує такий вибір і допомагає виробникові конкурувати на вітчизняному ринку. Адже знак засвідчує, що обраний товар відповідає показникам, які задекларовані виробником.

Станом на кінець 2013 р. право маркувати свою продукцію Знаком відповідності здобули вісім українських підприємств. Для одержання такого права виробник повинен підтвердити відповідність своєї продукції встановленим вимогам через випробування її в лабораторіях ДП "Укрметртестстандарт", мати запроваджену систему управління якістю та безпеки продукції, що відповідає міжнародним стандартам.

Зрозуміло, що запровадження Знака відповідності лише започатковано і невідомо, наскільки цей захід набуде поширення в Україні. Є підстави вважати, що маркування продукції таким знаком відіграватиме позитивну роль під час вибору покупцем товару, стане об'єктивною рекомендацією якості та безпеки продукції.

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Нині обов'язковою умовою виходу на міжнародний ринок є наявність у продавця сертифіката відповідності, що засвідчує відповідність продукції вимогам міжнародних стандартів ISO серії 9000, які поширені в світі і регулюють єдині всесвітні вимоги до систем якості фірм-постачальників.

Нині складається така ситуація, що фірми, які не володіють сертифікатом на систему якості, підтверджуючи тим самим її відповідність стандартам ISO серії 9000, майже не мають шансів на укладання більш-менш пристойного контракту і на участь у міжнародних тендерах, а їх товар оцінюється на світовому ринку значно (в рази) дешевше.

Проте станом на 2010 р., за даними Д. Ф. Крисанова, лише 302 підприємства харчової та тютюнової промисловості сертифікували системи управління якістю відповідно до вимог стандарту ISO 9001, вісім – відповідно до вимог стандарту ISO 14001,44 – до вимог стандарту ISO 22000, 98 – до вимог стандарту HACCP, два – до ISO 18001 і жодного – до вимог стандарту ISO 27000.

Крім того, потрібно брати до уваги, що забезпечення якості відповідно до стандартів ISO серії 9000 – це умова необхідна, але не завжди достатня для гарантії конкурентоспроможності товару, оскільки багато фірм, як ми уже зазначали, й далі вдосконалюють виробництво з орієнтацією на випуск товару з ще ліпшими якісними параметрами, ніж цього вимагають указані стандарти. Причому провідні компанії світу водночас орієнтуються на використання стандартів ISO 14000, основним предметом яких є система екологічного менеджменту *EMS (Environmental Management System)*.

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

10 Технологічний розділ

У технологічному розділі розроблено технологічний процес обробки робочого колеса вільновихрового насоса [9].

Технологічний процес обробки деталі

Рисунок деталі-робочого колеса наведено на рис. 10.1.

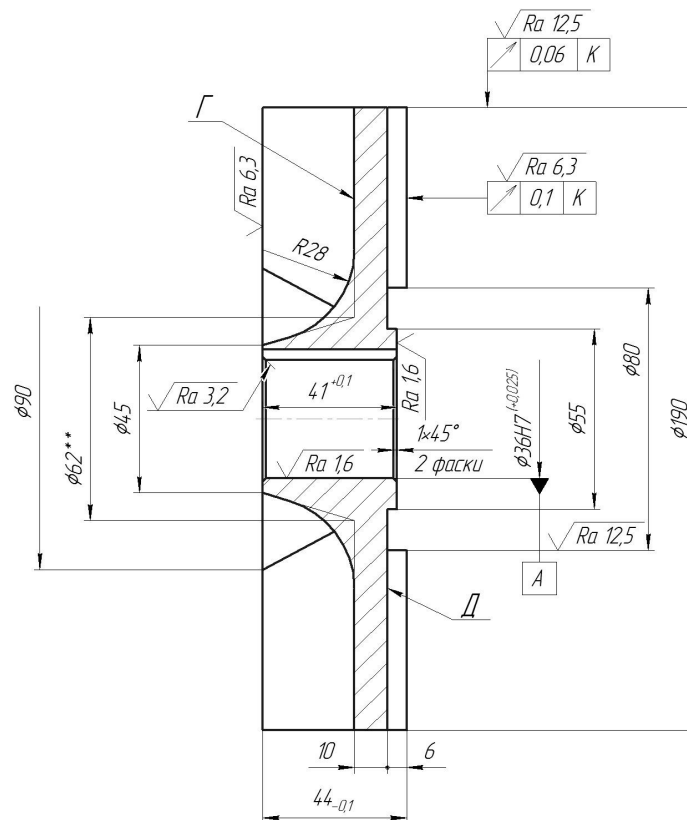


Рисунок 10.1-Робоче колесо насоса

Послідовність виконання операцій наступна.

005 Заготівельна

Виконання ливарних робіт відповідно до креслення заготовки.

010 Контроль ВТК

Перевірити всі геометричні розміри відповідно до креслення заготовки.

015 Термічна

Виконати гартування і низький відпуск за температури $150 - 300 \square C$.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.050502.04BP.000.00ПЗ

Арк.

53

020 Контроль ВТК

Перевірити всі геометричні розміри відповідно до креслення заготовки.

025 Токарна (чорнова)

На операції виконується чорнова обробка циліндричних і торцевих поверхонь.

030 Контроль ВТК

Перевірити всі геометричні розміри, а також шорсткість поверхонь відповідно до маршрутного технологічного процесу.

035 Токарна (чистова)

На операції виконується чистова обробка циліндричної і торцевої поверхні.

040 Контроль ВТК

Перевірити всі геометричні розміри, а також шорсткість поверхонь відповідно до маршрутного технологічного процесу.

045 Токарна (чорнова)

На операції виконується чорнова обробка циліндричних і торцевих поверхонь.

050 Контроль ВТК

Перевірити всі геометричні розміри, а також шорсткість поверхонь відповідно до маршрутного технологічного процесу.

055 Токарна (чистова)

На операції виконується чистова обробка циліндричної і торцевої поверхні.

060 Контроль ВТК

Перевірити всі геометричні розміри, а також шорсткість поверхонь відповідно до маршрутного технологічного процесу.

065 Горизонтально-протяжна

На операції виконується шпонковий паз

					6.050502.04BP.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

070 Контроль ВТК

Перевірити всі геометричні розміри, а також шорсткість поверхонь відповідно до маршрутного технологічного процесу.

075 Балансування

Провести статичне балансування

080 Контроль ВТК

Перевірити всі геометричні розміри, а також шорсткість поверхонь відповідно до маршрутного технологічного процесу.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.050502.04BP.000.00ПЗ

Арк.

55

Висновки

1. У кваліфікаційній роботі з проектування вільновихрового насоса було обрано СВН типу «Туго» з коефіцієнтом швидкохідності $n_s = 130,2$ та частотою обертання $n = 2940$ об/хв, його ККД $\eta = 0,52$.
2. Виконано розрахунок проточної частини насоса. Визначено геометричні розміри робочого колеса, підвідних та відвідних пристроїв і вільної камери.
3. Визначено осьову силу, яка діє на ротор, що становить 4282 Н.
4. Розраховано радіальну силу, що діє на ротор, яка складає 736 Н.
6. Виконано розрахунки на міцність вала.
7. Виконано розрахунки насоса на кавітацію, визначено мінімальний кавітаційний запас, що становить 7,75 м.
8. Обрано тип і конструкцію ущільнення: сальникове ущільнення з 4-ма кільцями набивки і одним кільцем гідрозатворним, що призначене для подачі запірної рідини.
9. Розроблено технологічний процес обробки колеса робочого.
10. Виконано робоче креслення робочого колеса, креслення кронштейна, складальне креслення насоса, складальне креслення агрегата.
11. Під час виконання даної роботи мною було набуто навички з проектування насоса для заданих параметрів, визначення гідродинамічних сил в насосі, підбіру типу ущільнення, розрахунку сальникового ущільнення, розрахунків основних елементів насоса на міцність, а саме вала, розроблення маршрутного технологічного процесу обробки робочого колеса.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.050502.04ВР.000.00ПЗ

рк.

56

ЛІТЕРАТУРА

1. Жуков А.М. Доцільність використання вільновихрових насосів в умовах транспортування рідин, що містять включення / А.М. Жуков, В.Ю. Кондусь / Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма V Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 17–20 квітня 2018 р. / Редкол.: О.Г. Гусак, І.В. Павленко. – Суми: СумДУ, 2018. – С. 267.

2. Свободновихревые насосы : учеб. пособие / В. Ф. Герман, И. А. Ковалев, А. И. Котенко ; под общ. ред. А. Г. Гусака. – 2-е изд., доп. и перераб. – Сумы : Сумский государственный университет, 2013. – 159 с.

3. Электродвигатель АИР225М2, АИР225М4, АИР225М6, АИР225М8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: http://electronpro.ru/dvigatel_air225m

4. 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.

5. Чернавский А.С. «Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие» / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин, Г.М. Ицкович, В.П. Козинцев – 3-е изд. Стереотипное. Перепечатка с издания 1987 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», - 2005. – 416 с.

6. Захист людини від дії електромагнітних полів [Електроннийресурс].– Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/1785676/page:3/> .

7. Сертифікація нової техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://pidruchniki.com/75535/agropromislovist/standartizatsiya_sertifikatsiya_produktsiyi.

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

8. Каталог вільновихрових насосів СВН [Електронний ресурс].

Режим доступу : <http://www.rimos.ru/catalog/pump/28811>.

9. «Студентське дерево» [Електронний ресурс]. - Режим доступу :

<https://studwood.ru>.

					6.050502.04ВР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

