

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему

Насос для цукрової промисловості на параметри:
 $Q = 650\text{м}^3/\text{год}$, $H = 55\text{ м}$, $n = 1500\text{ об/хв}$

зі спеціальності 131. Прикладна механіка

Виконавець роботи

Косторной Дмитрій Олександрович

Науковий керівник

к.т.н.

Панченко Віталій Олександрович

Суми 2020

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 107 с., 20 рисунків, 10 таблиць, 2 додатки, 17 літературних джерел.

Тема роботи «Модернізація насоса для цукрової промисловості на параметри
 $Q = 650\text{м}^3/\text{год}$, $H = 55\text{ м}$, $n = 1500\text{ об/хв}$ ».

Графічні матеріали: 4 аркуші формату А1: монтажне креслення насосного агрегату, складальне креслення насоса, креслення корпусу насоса.

Мета роботи – модернізація насоса для цукрової промисловості на параметри
 $Q = 650\text{м}^3/\text{год}$, $H = 55\text{ м}$, $n = 1500\text{ об/хв}$.

Відповідно до поставленої мети:

- виконано розрахунки щодо вибору конструктивної схеми насоса;
- наведено опис конструкції;
- виконано гідравлічні розрахунки;
- вибрано електродвигун і побудовано пускову моментну характеристику;
- розраховано довговічність підшипників;
- виконано розрахунки на міцність;
- виконано розрахунок та вибрано втулично-пальцеву муфту.

У розділі охорони праці розглянуто закон України «Про охорону праці», описані основні положення, терміни та статті.

У розділі економіки розглянута система технічного обслуговування виробництва, у технологічному розділі розглянуто характеристики типу виробництва.

Ключові слова: НАСОС, КОНСТРУКЦІЯ, РОБОЧЕ КОЛЕСО, КОРПУС, ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ, МІЦНІСТЬ.

Зміст

| | с. |
|--|----|
| Технічне завдання | |
| Реферат | |
| Вступ | 4 |
| 1 Загальна характеристика насосів типу К | 5 |
| 2 Технічні характеристики. | 7 |
| 3 Опис конструкції | 9 |
| 4 Гідравлічні розрахунки | 11 |
| 4.1 Розрахунок по обґрунтуванню та вибору конструкційної схеми | 11 |
| 4.2 Розрахунок та проектування робочого колеса | 13 |
| 4.2.1 Визначення основних геометричних параметрів | 13 |
| 4.2.2 Проектування меридіанного перерізу | 24 |
| 4.2.3 Підготовка меридіанного перерізу робочого колеса для профілювання | 27 |
| 4.2.4 Профілювання лопаті | 30 |
| 4.2 Розрахунок характеристики насосу | 38 |
| 4.3 Розрахунок граничного тиску насоса | 42 |
| 4.4 Узагальнення гідравлічного розрахунку | 42 |
| 5 Розрахунок сил, які діють на ротор насоса | 43 |
| 5.1 Розрахунок радіальної сили | 43 |
| 5.2 Розрахунок осьової сили | 44 |
| 6 Розрахунки до вибору підшипників | 46 |
| 6.1 Розрахунок реакцій в підшипниках | 46 |
| 6.2 Розрахунок до вибору радіально-упорного однорядного шарикопідшипника | 48 |

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| | | | | | | | | | |
|----------------|----------|------|--|---|--|--------------------------|----|------|--|
| Перв. примен. | | | | | 6.3 Розрахунок до вибору радіально-упорного однорядного шарикопідшипника | 49 | | | |
| | Справ. № | | | | | 7 Розрахунки на міцність | 50 | | |
| | | | | 7.1 Розрахунок вала на статичну міцність | 50 | | | | |
| | | | | 7.2 Розрахунок шпоночного з'єднання під полумуфтою | 54 | | | | |
| | | | | 8 Розрахунки до вибору двигуна | 56 | | | | |
| | | | | 8.1 Визначення загального к.к.д. насоса | 56 | | | | |
| | | | | 8.2 Визначення максимальної потужності на валу насоса | 61 | | | | |
| | | | | 8.3 Визначення максимального крутного моменту | 62 | | | | |
| | | | | 9 Вибір та розрахунок втулочно-пальцевої муфти. | 65 | | | | |
| | | | | 10 Розділ з ЕОМ | 67 | | | | |
| | | | | 11 Технологічний розділ | 75 | | | | |
| Подпись и дата | | | | | 11.1 Характеристика типу виробництва | 75 | | | |
| | | | | | 11.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення робочого колеса | 76 | | | |
| | | | | | 11.2.1 Технологічність деталі | 77 | | | |
| | | | | | 11.2.2 Вибір заготовки та способу її отримання | 79 | | | |
| | | | | | 11.3 Складання технологічного маршруту обробки | 80 | | | |
| Подпись и дата | | | | | 12 Розділ охорони праці | 82 | | | |
| | | | | | 13 Економічний розділ | 95 | | | |
| | | | | | Висновки | 106 | | | |
| | | | | Список використаної літератури | 107 | | | | |
| | | | | Додаток А | | | | | |
| | | | | | 131.02 ВР.000.00 ПЗ | | | | |
| | | | | | Лист | | | | |
| | | | | | 3 | | | | |
| Зм. | | Лист | | № докум. | | Пілпис | | Дата | |

Вступ

Тема роботи бакалавра - модернізація насоса типу АСКО 650-55 з метою підвищення ефективності. У ході цієї роботи будуть здійснені гідравлічні розрахунки крильчатки, розрахунки міцності елементів насоса та перегляд конструкції насоса для підвищення ефективності.

Насос АСКО 650-55:

К – консольний насос;

650 – діаметр напірного патрубку в мм;

400 – номінальний діаметр робочого колеса в мм.

Умовне зображення:

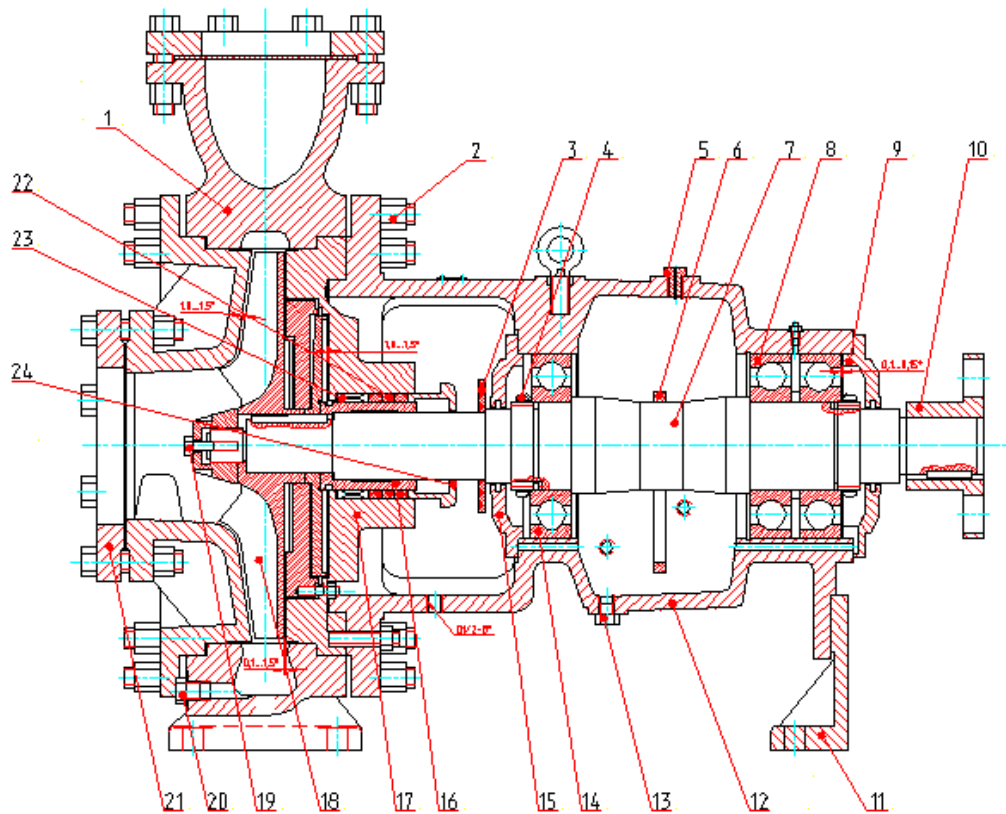


Рисунок 1 – Насос відцентровий типу АСКО:

- 1- корпус; 2- гайка; 3- кільце; 4- гайка; 5- сапун; 6- кільце змазуюче;
 7- вал; 8- підшипник; 9- кришка; 10- напівмуфта насоса; 11- стійка;
 12- кронштейн; 13- пробка; 14- підшипник; 15- кришка; 16- гільза захистна;

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

17- корпус сальника; 18- колесо рабочее; 19- болт; 20- пробка; 21- фланец;
22- набивка сальника; 23 - кільце гідро затвору; 23- фланец натискний.

| Зм. | Лист | № докум. | Пілляс | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|
|-----|------|----------|--------|------|

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

1 Загальна характеристика насосів типу К

Насоси типу К - відцентрові, горизонтальні, одноступінчасті насоси, з осьовим входом, ущільнювачі коробки, з підшипниками кочення, що приводяться в рух електромотором. Насоси типу К та електричні насосні агрегати, виходячи з їх призначення для перекачування води та рідин, що мають водоподібні властивості з точки зору в'язкості та хімічної активності з температурою до 358 К (85 ° С). Насоси типу К призначені для перекачування води у системах водопостачання виробничих та комунальних споруд, також використовуються для зрошення та осушення земель.

Група насосів для холодної та гарячої води типу К - називається консольними насосами [4]. Консоль - класифікаційна ознака насосів за конструкцією, що включає різні види перекачуваних рідин, насосів (НК - нафтова консоль, Gr - ґрунт, PR - пісок, X, АН - хімічна тощо). Консольні насоси типу К - відцентрові насоси з односторонньою подачею рідини в робоче колесо, яке розташоване в кінці валу двигуна. Завдяки своїй конструкції ці насоси широко застосовуються у всіх галузях промисловості, комунальному господарстві та сільському господарстві, де необхідно вирішити проблеми водопостачання, опалення, водовідведення тощо.

Консольні насоси, які використовуються для перекачування хімічних рідин різної активності, замість К позначаються як X, AX, AXO та ін. У рідинах, що транспортуються консольними насосами типу К, вміст твердих частинок до 0,1% і розміром до 0,2 мм. Допускається 0,2 мм. Ущільнення вала насоса - одинарна або подвійна коробка наповнення. Установка ущільнення обличчя дозволена. Максимально допустимий надлишковий тиск на вході в насос для насосів з м'яким ущільненням до 0,35 МПа (3,5 кгс / см²), з кінцевим ущільненням до 0,6 МПа (6,0 кгс / см²). Матеріал деталей проточної деталі - сірий чавун. Конструкція насосів передбачає отвори для відводу витоків води

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піппис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

6

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

через ущільнювальну коробку (торця) коробки. Насоси виробляються з подачі від 3 до 480 м³ / рік та тиску від 3,5 до 125 м.

При підключенні консольного насоса до електродвигуна є еластична муфта, а також основна лита плитка або зварений каркас.

Основним структурним елементом насоса є крильчатка. Основна робота крильчатки, яка передавала енергію від обертового вала до рідини.

Крильчатка виготовлена з таких основних елементів: передній або привідний диск; задній або ведений диск; леза, які були між дисками.

Варто також зазначити, що закриті колеса також відрізняються залежно від способу їх виготовлення: штампування; кастинг; повіки; точкове зварювання. Насоси із закритим колесом можуть використовуватися для відкачування як чистих, так і забруднених рідин.

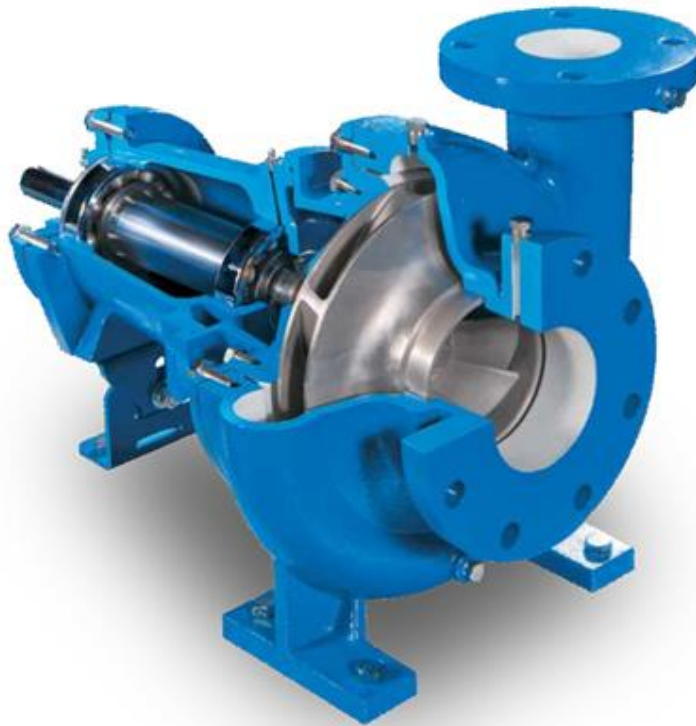


Рисунок 1.1 – Насос типу К

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

7

2 Технічні характеристики

2.1 Технічні характеристики агрегата

Агрегат електронасосний АСКО 650-55

| | |
|---|-----|
| Подача, м ³ /год | 650 |
| Напір, м | 55 |
| Допустимий кавітаційний запас, м, не більше | 5 |
| Потужність ($\rho=1000$ кг/м ³), кВт | 44 |

2.2 Технічні характеристики насоса

Насос АСКО 650-55

| | |
|---|----------------|
| Подача, м ³ /с (м ³ /год) | 0,181 (650) |
| Напір, м | 55 |
| Тиск на вході в насос, МПа (кгс/см ²) | 0,6 (6) |
| Допустимий кавітаційний запас, м | 5 |
| Частота обертання, с ⁻¹ (об/хв) | 25 (1500) |
| Потужність ($\rho=1000$ кг/м ³), кВт | 44 |
| Температура перекачуваної рідини °С, не більше | 95 |

2.3 Технічні характеристики двигуна

Двигун АМУ250М4УХЛ4

| | |
|--|-----------|
| Потужність, кВт | 55 |
| Напруга, В | 220/380 |
| Частота обертання (синхр), с ⁻¹ (об/хв) | 25 (1500) |

2.4 Середовище перекачування насосом: вода (окрім морської), конденсат водяного пара та інші рідини, які схожі за густиною, в'язкістю та хімічною активністю з водою.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піппис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

8

Перв. примен.

2.5 Середовище для охолодження кінцевого ущільнення насосу:

Технічна вода або конденсат, або хімічно обезсолена вода.

Температура, °С, не більше 40

Витрата, м³/с (м³/год), не більше 0,139·10⁻

(0,5)

Тиск, МПа (кгс/см²) 0,1(1)

Справ. №

2.6 Середовище для змащування підшипників насоса:

Середовище для змащування підшипників насоса: масло індустриальне – И-12А (дозволяється заміна на масло И-20А).

Подпись и дата

Подпись и дата

| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

9

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

результатів між лопатями робочого колеса, що обертається, і потоком рідини, здійснюється перетворення енергії, що надходить в енергетичний потік. У спіральній формі перетворення енергій рідина перетікає в енергетичний тиск.

Із спіральної випускної рідини рідина надходить у вхідний трубопровід (технологічну лінію).

Вивантаження ротора з осьових гідравлічних сил забезпечується використанням симетричного ущільнення крильчатки, вирівнювання тиску до і після колеса здійснюється через отвори в основному диску. Кінцеві (незбалансовані) сили сприймаються підшипниками кочення.

Промислове масло - це очищений дистиллят та осадові фракції масла або їх суміш без домішок. Вони використовуються в машинах і механізмах промислового обладнання, умови роботи яких не потребують великих потреб з точки зору антикорозійних та антиоксидантних властивостей олії, у вигляді гідравлічних рідин та для інших потреб.

Масло має високі протизносні властивості, високий показник в'язкості, високу стійкість до піноутворення, захищає поверхню сталевих деталей від корозії, високу фільтруваність у суворих умовах експлуатації. В якості приводу насоса застосовуються асинхронний двигун АМУ250М4УХЛ4.

Передача крутного моменту від двигуна до насоса здійснюється муфтово-пальцевою муфтою (MPVP), із захистом.

| Зм. | Лист | № докум. | Піппис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

11

4 Гідравлічні розрахунки

4.1 Розрахунки по обґрунтуванню та вибору конструктивної схеми насоса

Для вибору конструктивної схеми насоса проведено деякі розрахунки, занесемо в таблиці 4.1, 4.2, 4.3.

Скористаємося формулами[4]:

$$n_s = \frac{3,65n \sqrt{\frac{Q}{j}}}{\left(\frac{H}{i}\right)^{3/4}} \quad (4.1)$$

$$C_{кр} = \frac{5,62n \sqrt{\frac{Q}{j}}}{\frac{(\Delta h_{дон})^{3/4}}{R}} \quad (4.2)$$

$R = 1 \div 1,3$ (Приймаємо $R=1,2$)

$$D_2 = m_2 \frac{\sqrt{2gH_{cm}}}{n} \quad (4.3)$$

де $H_{cm} = \frac{H}{i} \quad (4.4)$

$$m_2 = 19,2 \cdot \left(\frac{n_s}{100}\right)^{1/6} \quad (4.5)$$

де n_s – коефіцієнт швидкохідності;

n – частота обертів, об/хв;

Q – подача, м³/с;

j – кількість потоків рідини;

H – напір, м;

i – кількість ступеней;

$C_{кр}$ – кавітаційний коефіцієнт швидкохідності;

$\Delta h_{доп}$ – допустимий кавітаційний запас, м;

R – коефіцієнт запасу;

D_2 – зовнішній діаметр робочого колеса, м;

$H_{ст}$ – статичний напір, м.

Таблиця 4.1- Розрахунки при $n=1000$ об/хв

| i | j | $\frac{5,62n}{(\frac{\Delta h}{R})^{3/4}}$ | $C_{кр}$ | $H_{cm} = \frac{H}{i}$ | $\frac{3,65n}{(\frac{H}{i})^{3/4}}$ | n_s | $m_2 = 19,2(\frac{n_s}{100})^{1/6}$ | D_2 |
|-----|-----|--|----------|------------------------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| 1 | 1 | 2827 | 666,5 | 55 | 271,2 | 63,9 | 17,8 | 0,447 |
| 1 | 2 | | 471 | 55 | 271,2 | 45,2 | 16,8 | 0,422 |
| 2 | 1 | | 666,5 | 27,5 | 456,2 | 107,5 | 19,4 | 0,344 |
| 3 | 1 | | 666,5 | 18,3 | 6,18,4 | 145,8 | 20,4 | 0,296 |

Таблиця 4.2- Розрахунки при $n=1500$ об/хв

| i | j | $\frac{5,62n}{(\frac{\Delta h}{R})^{3/4}}$ | $C_{кр}$ | $H_{cm} = \frac{H}{i}$ | $\frac{3,65n}{(\frac{H}{i})^{3/4}}$ | n_s | $m_2 = 19,2(\frac{n_s}{100})^{1/6}$ | D_2 |
|-----|-----|--|----------|------------------------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| 1 | 1 | 4240 | 999,8 | 55 | 406,9 | 96,0 | 19,1 | 0,319 |
| 1 | 2 | | 707 | 55 | 406,9 | 67,8 | 18 | 0,301 |
| 2 | 1 | | 999,8 | 27,5 | 684,4 | 161,4 | 20,8 | 0,246 |
| 3 | 1 | | 999,8 | 18,3 | 927,6 | 218,7 | 21,9 | 0,211 |

Таблиця 4.3- Розрахунки при $n=3000$ об/хв

| i | j | $\frac{5,62n}{(\frac{\Delta h}{R})^{3/4}}$ | $C_{кр}$ | $H_{cm} = \frac{H}{i}$ | $\frac{3,65n}{(\frac{H}{i})^{3/4}}$ | n_s | $m_2 = 19,2(\frac{n_s}{100})^{1/6}$ | D_2 |
|-----|-----|--|----------|------------------------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| 1 | 1 | 8480 | 1999,6 | 55 | 813,9 | 191,9 | 21,4 | 0,179 |
| 1 | 2 | | 1413,9 | 55 | 813,9 | 135,7 | 20,2 | 0,169 |
| 2 | 1 | | 1999,6 | 27,5 | 1368, | 322,7 | 23,3 | 0,138 |
| 3 | 1 | | 1999,6 | 18,3 | 1855,2 | 437,5 | 24,6 | 0,118 |

На основі проведених даних розрахунків вибираємо конструктивну схему насоса: Насос консольний одноступеневий однопоточний, з частотою обертання $n=1500$ об/хв, $n_s = 96$, $D_2 = 400$ мм. Конструктивна схема насоса залишається незмінна, збільшувати частоту обертання не має сенсу, тому що

збільшиться вплив вібрації на насос, а при значенні $n_s = 96$ діаметр робочого колеса відповідає діаметру колеса насоса що підлягає модернізації. Вибір цієї конструкційної схеми в подальшому може дозволити залишити деякі деталі насоса незмінними.

4.2 Розрахунок та проектування робочого колеса

4.2.1 Визначення основних геометричних параметрів

Меридіанний переріз відцентрового робочого колеса з основними геометричними параметрами приведено на рис. 4.1.

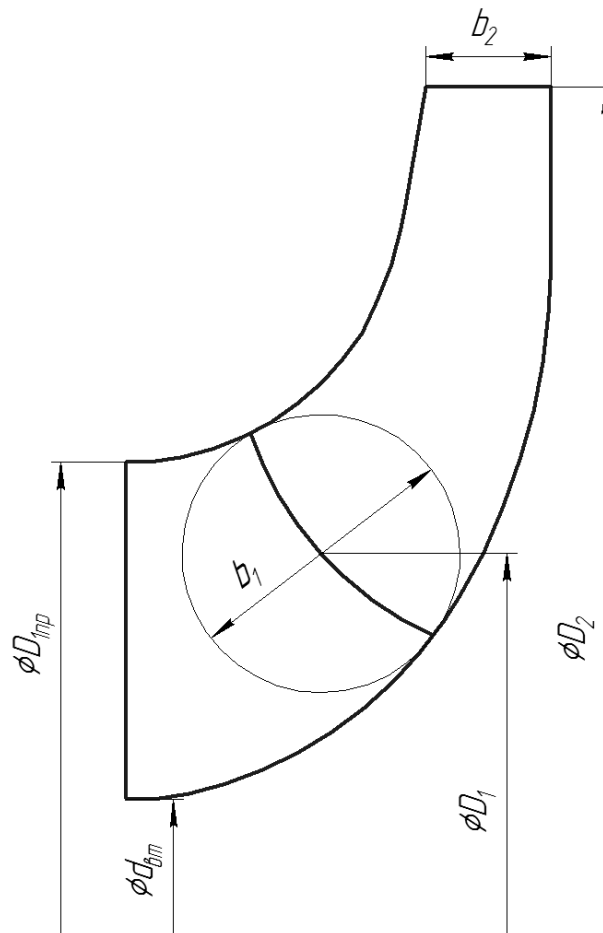


Рисунок 4.1 – Меридіональний переріз

Коефіцієнт швидкохідності[3]:

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \cdot \sqrt{Q_p / 3600}}{\left(\frac{H_u}{i}\right)^{3/4}}, \quad (4.6)$$

де i – число ступеней

$$n_s = \frac{3,65 \cdot 1500 \cdot \sqrt{650 / 3600}}{55^{3/4}} = 115,19$$

(1)

Кавітаційний коефіцієнт швидкохідності:

$$C_{кр} = \frac{5,62 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\left(\frac{\Delta h_{доп}}{R}\right)^{3/4}}, \quad (4.7)$$

де $\Delta h_{доп}$ - допустимий кавітаційний запас, м;

R – коефіцієнт запаса. Приймаємо $R = 1,2$.

$$C_{кр} = \frac{5,62 \cdot 1500 \cdot \sqrt{650}}{\left(\frac{3,0}{1,2}\right)^{3/4}} = 1.802,5 \cdot 10^3$$

Приведений діаметр робочого колеса за формулою Д.Я.Суханова:

$$D_{1np} = k_{вх} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_p}{3600 \cdot n}}, \quad (4.8)$$

де $k_{вх} = 3,5 \div 5,0$ – коефіцієнт вхідної воронки робочого колеса.

Для забезпечення необхідного кавітаційного запасу виконуємо робоче колесо зі збільшеною воронкою. Приймаємо $k_{вх}=5$.

$$D_{1np} = 5 \cdot \sqrt[3]{\frac{650}{3600 \cdot 1500}} = 0,247 \text{ м}$$

Повний ККД насоса:

$$\eta = \eta_o \cdot \eta_{\Gamma} \cdot \eta'_m \cdot \eta_m, \quad (4.9)$$

де η_o - об'ємний ККД;

η_{Γ} - гідравлічний ККД;

η'_m - внутрішній механічний ККД;

η_m - зовнішній механічний ККД.

$$\eta_o = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot n_s^{-2/3}}, \quad (4.10)$$

$$\eta_o = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot (115,19)^{-2/3}} = 0,972$$

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{[\lg(D_{1np} \cdot 10^3) - 0,172]^2}, \quad (4.11)$$

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{[\lg(0,247 \cdot 10^3) - 0,172]^2} = 0,915$$

$$\eta'_m = \frac{1}{1 + 820 \cdot n_s^{-2}}, \quad (4.12)$$

| | | | | | |
|----------------|------|----------|--------|------|---------------------|
| Перв. примен. | | | | | |
| | | | | | |
| Справ. № | | | | | |
| | | | | | |
| Подпись и дата | | | | | |
| | | | | | |
| Подпись и дата | | | | | |
| | | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Пілпис | Дата | 131.02 ВР.000.00 ПЗ |
| | | | | | Лист |
| | | | | | 16 |

$$\eta'_m = \frac{1}{1+820 \cdot (115,19)^2} = 0,942$$

$\eta_m = 0,95 \div 0,99$. Приймаємо $\eta_m = 0,99$.

Тоді $\eta = 0,972 \cdot 0,915 \cdot 0,942 \cdot 0,987 = 0,826$

Потужність, яка споживається насосом:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3600 \cdot \eta}, \quad (4.13)$$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ - густина води

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 650 \cdot 55}{3600 \cdot 0,826} = 117940 \text{ Вт} = 11 \text{ кВт}$$

Теоретичний напір робочого колеса:

$$H_m = \frac{H}{\eta_r}; \quad (4.14)$$

$$H_m = \frac{55}{0,915} = 60,109 \text{ м}$$

Максимальна потужність на валу насоса:

$$N_{\max} = 1,1 \cdot N; \quad (4.15)$$

$$N_{\max} = 1,1 \cdot 117940 = 129734 \text{ Вт} = 12,9 \text{ кВт}$$

В першому наближенні діаметр вала визначаємо з розрахунку на кручення:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (4.16)$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

де $[\tau]$ - допустиме напруження на кручення, Па.

Приймаємо $[\tau]=150 \cdot 10^5$ Па

M – крутний момент на валу насоса, Н·м.

$$M = \frac{30 \cdot N_{\max}}{\pi \cdot n}; \quad (4.17)$$

$$M = \frac{30 \cdot 129734}{3,14 \cdot 1500} = 826,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тоді:

$$d_g = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 826,5}{3,14650 \cdot 10^5}} = 0,04 \text{ м}$$

Згідно ГОСТ 6636-69 приймаємо розмір вала $d_g = 40 \text{ мм}$

Діаметр втулки орієнтовно вибирають за залежністю:

$$d_{em} = (1,2 \div 1,25) \cdot d_g; \quad (4.18)$$

$$d_{em} = (1,2 \div 1,25) \cdot 38 = (48 \div 50) \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{em} = 50 \text{ мм}$.

Діаметр вхідної воронки робочого колеса визначають з виразу:

$$D_{1np} = \sqrt{D_0^2 - d_{em}^2}; \quad (4.19)$$

$$D_0 = \sqrt{D_{1np}^2 + d_{em}^2}. \quad (4.20)$$

$$D_0 = \sqrt{0,247^2 + 0,05^2} = 0,252 \text{ м}$$

Швидкість на вході у робоче колесо знаходять з рівняння нерозривності:

$$V_0 = \frac{4 \cdot Q_{p.k.}}{\pi \cdot D_{1np}^2} \quad (4.21)$$

де $Q_{p.k.}$ – витрата, що проходить через робоче колесо, м³/с.

$$Q_{p.k.} = \frac{Q}{\eta_o}; \quad (4.22)$$

$$Q_{p.k.} = \frac{650}{3600 \cdot 0,972} = 0,185 \text{ м}^3/\text{с} = 666 \text{ м}^3/\text{год}$$

Тоді:

$$V_0 = \frac{4 \cdot 0,043}{3,14 \cdot 0,157^2} = 2,63 \text{ м/с}$$

Це швидкість без урахування стиснення потоку лопатями робочого колеса на вході.

Визначимо діаметр, на якому розташована вхідна кромка лопаті:

$$D_1 = 0,8 \cdot D_0; \quad (4.23)$$

$$D_1 = 0,8 \cdot 0,252 = 0,2016 \text{ м}$$

При вході потоку на лопать меридіанна складова абсолютної швидкості зростає та визначається з виразу:

$$V_{1m} = \psi_1 \cdot V'_{1m}, \quad (4.24)$$

де V'_{1m} - меридіанна швидкість без урахування стиснення, м/с;

ψ_1 = коефіцієнт стиснення потоку на вході. $\psi_1 = 1,15 \div 1,3$. Приймаємо $\psi_1 = 1,187$.

$$V'_{1m} = V_0 = 2,63 \text{ м/с}$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

19

$$V_{1m} = 1,187 \cdot 2,63 = 3,121 \text{ м/с.}$$

В загальному випадку кут потоку на вході розраховуємо з трикутника швидкостей за формулою:

$$\beta_{1n} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1 - V_{1u}}, \quad (4.25)$$

де U_1 – переносна швидкість на вході в робоче колесо, м/с;

$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60}; \quad (4.26)$$

$$U_1 = \frac{3.14 \cdot 0.2016 \cdot 1500}{55} = 17.264 \text{ м/с}$$

V_{1u} – колова складова абсолютної швидкості на вході в робоче колесо.

В консольних насосах $V_{1u} = 0$.

Тоді:

$$\beta_{1n} = \arctg \frac{3,121}{17,264} = 16^\circ$$

Кут нахилу лопаті на вході в робоче колесо

$$\beta_1 = \beta_{1n} + \Delta\beta \quad (4.27)$$

Цей кут повинен знаходитись у границях $15 \div 30^\circ$ [3].

Кут атаки $\Delta\beta = 3 \div 8^\circ$ вводиться з ціллю зменшення гідравлічних втрат в області робочого колеса та покращення його кавітаційних якостей.

Приймаємо $\Delta\beta = 5^\circ$. Тоді $\beta_1 = 16^\circ + 8^\circ = 24^\circ$

Визначимо число лопатей та їх товщину.

Існує рекомендація, що для чистих рідин число лопатей вибирають від 5 до 8[2].

Товщину лопаті робочого колеса вибирають орієнтовно від 3 до 4 мм. Приймаємо $z = 7$ та $S_1 = 4$ мм.

Після вибору числа лопатей та їх товщини уточнюємо значення ψ_1' за формулою:

$$\psi_1' = \frac{t_1}{t_1 - \frac{S_1}{\sin \beta_1}}, \quad (4.28)$$

де t_1 – крок встановлення лопаті.

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{z}; \quad (4.29)$$

$$t_1 = \frac{3,14 \cdot 0,2016}{7} = 0,090 \text{ м}$$

Тоді:

$$\psi_1' = \frac{0,090}{0,062 - \frac{0,004}{\sin 24^\circ}} = 1,187$$

Повинна бути забезпечена умова:

$$|\psi_1' - \psi_1| \leq 0,01$$

$$|1,187 - 1,187| = 0 < 0,01 \text{ - умова виконується.}$$

Ширину робочого колеса на вході знаходимо з рівняння нерозривності:

$$b_1 = \frac{Q_{p.к.}}{\pi \cdot D_1 \cdot V'_{1m}}; \quad (4.30)$$

$$b_1 = \frac{0,185}{3,14 \cdot 0,2016 \cdot 2,63} = 0,11 \text{ м}$$

Визначимо геометричні параметри виходу з робочого колеса.

Значення зовнішнього діаметру робочого колеса у першому наближенні може бути визначено з основного рівняння роботи лопатевих насосів Ейлера для $V_{1n} = 0$ та $V_{2n} = 0,5U_2$.

$$D'_2 = m_2 \cdot \frac{\sqrt{2g \cdot H}}{n}, \quad (4.31)$$

де $m_2 = 19,1$ при $n_s \leq 100$,

$$m_2 = 19,2 \cdot \left(\frac{n_s}{100} \right)^{1/6}, \text{ при } n_s > 100.$$

Так як $n_s = 96$, то

$$D'_2 = 19,1 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 55}}{1500} = 0,418 \text{ м}$$

Кінцево D_2 визначаємо з урахуванням поправки на кінцеве число лопатей.

Меридіанна складова швидкості без урахування стиснення на виході з РК:

$$V'_{2m} = (0,5 \div 1,0) V'_{2m}, \quad (4.32)$$

Приймаємо $V'_{2m} = 2,445 \text{ м/с}$.

Меридіанна складова швидкості без урахування стиснення на виході з РК:

Коефіцієнт стиснення перерізу потоку лопатями на виході з РК приймаємо $\psi_2=1,035$ ($\psi_2=1,05 \div 1,1$).

$$V_{2m} = \psi_2 \cdot V'_{2m}, \quad (4.33)$$

$$V_{2m} = 1,035 \cdot 2,445 = 2,531 \text{ м/с}$$

Кут на виході з РК β_2 залежить від степені дифузорності

$$\beta_2 = \arcsin \left[\left(\frac{W_1}{W_2} \right) \cdot \frac{\psi_2}{\psi_1} \cdot \frac{V_{m2}}{V_{m1}} \cdot \sin \beta_1 \right], \quad (4.34)$$

$$\text{де } \left(\frac{W_1}{W_2} \right)_{\text{онт}} = 5,68 \cdot 10^{-5} \cdot n_s^2 - 18,23 \cdot 10^{-3} \cdot n_s + 2,65, \quad (4.35)$$

$$\beta_2 = \arcsin [1,424 \cdot 0,872 \cdot 0,811 \cdot 0,407] = 24^\circ$$

Проведемо уточнення наружного діаметра РК з урахуванням кінцевого числа лопатей.

Даний розрахунок виконують, використовуючи преобразоване основне рівняння Ейлера (вирішуючи його відносно швидкості U_2), після ряду підстановок у вигляді:

$$U_2 = \frac{V_{2m}}{2 \operatorname{tg} \beta_2} + \sqrt{\left(\frac{V_{2m}}{2 \operatorname{tg} \beta_2} \right)^2 + g \cdot H_{T\infty}}, \quad (4.36)$$

де $H_{T\infty}$ - теоретичний напір робочого колеса з безкінечним числом тонких лопатей.

$$H_{T\infty} = \frac{H}{\eta_r \cdot k_z}, \quad (4.37)$$

де k_z – поправка на кінцеве число лопатей.

За формулою Пфлейдерера:

$$k_z = \frac{1}{1+p}, \quad (4.38)$$

де

$$p = 2 \cdot \frac{\psi}{z} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2} \quad (4.39)$$

Коефіцієнт ψ визначається в залежності від n_s . При $n_s < 150$ ($n_s = 96$):

$$\psi = (0,55 \div 0,65) + 0,6 \cdot \sin \beta_2; \quad (4.40)$$

$$\psi = 0,65 + 0,6 \cdot \sin 24^\circ = 0,894$$

$$p = 2 \cdot \frac{0,894}{7} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{0,139}{0,312}\right)^2} = 0,319;$$

$$k_z = \frac{1}{1+0,894} = 0,758;$$

$$H_{T\infty} = \frac{55}{0,9 \cdot 0,758} = 80,6\text{м}$$

$$U_2 = \frac{2,531}{2 \operatorname{tg} 24^\circ} + \sqrt{\left(\frac{2,531}{2 \operatorname{tg} 24^\circ}\right)^2 + 9,81 \cdot 80,6} = 25,045\text{м/с}$$

Діаметр робочого колеса:

а) Намічають спочатку «на око» контури крайніх ліній струму. Рекомендується при цьому орієнтуватись на існуючі робочі колеса подібних п_с.

б) Наносять середню лінію каналу, яка представляє собою геометричне місце центрів вписаних кіл, зазвичай від входу до виходу РК тонкими лініями вписується 8-10 кіл. У зоні повороту потоку кіл зазвичай розміщують густіше. Центри вписаних кіл нумерують цифрами 1, 2, 3, ...

в) Вираховуємо площі нормальних перерізів за формулами:

- на вході

$$F_{\text{вх}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - d_{\text{ем}}^2) \quad (4.43)$$

- на виході

$$F_{\text{вих}} = \pi D_2 b_2, \quad (4.44)$$

- проміжна

$$F_i = 2\pi r_i b_i, \quad (4.45)$$

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

b_i - діаметр вписаного кола.

Таблиця 4.4 - Розрахунок площі проміжних нормальних перерізів

| № точки | $F_i, \text{мм}^2$ | $b_i, \text{мм}$ | $r_i, \text{мм}$ | $\Delta l_i, \text{мм}$ |
|---------|--------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 21804 | 62 | 56 | 0 |
| 2 | 21839 | 54 | 64 | 29 |
| 3 | 21842 | 47 | 74 | 45 |
| 4 | 21854 | 40 | 87 | 62 |
| 5 | 22200 | 35 | 101 | 78 |
| 6 | 22231 | 30 | 118 | 96 |
| 7 | 22382 | 27 | 132 | 110 |
| 8 | 22533 | 23 | 156 | 134 |

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

Відстань Δl_i вздовж середньої лінії меридіанного перерізу від першої точки до кожної наступної (2, 3, ...) визначається по кресленню.

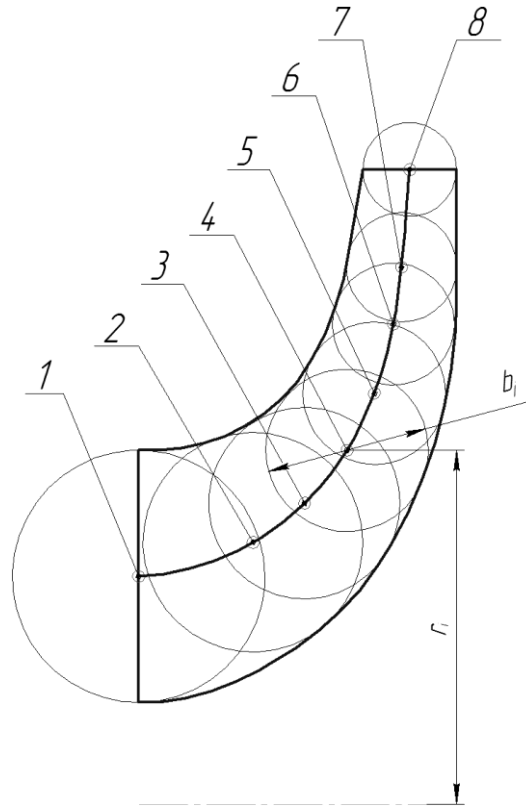
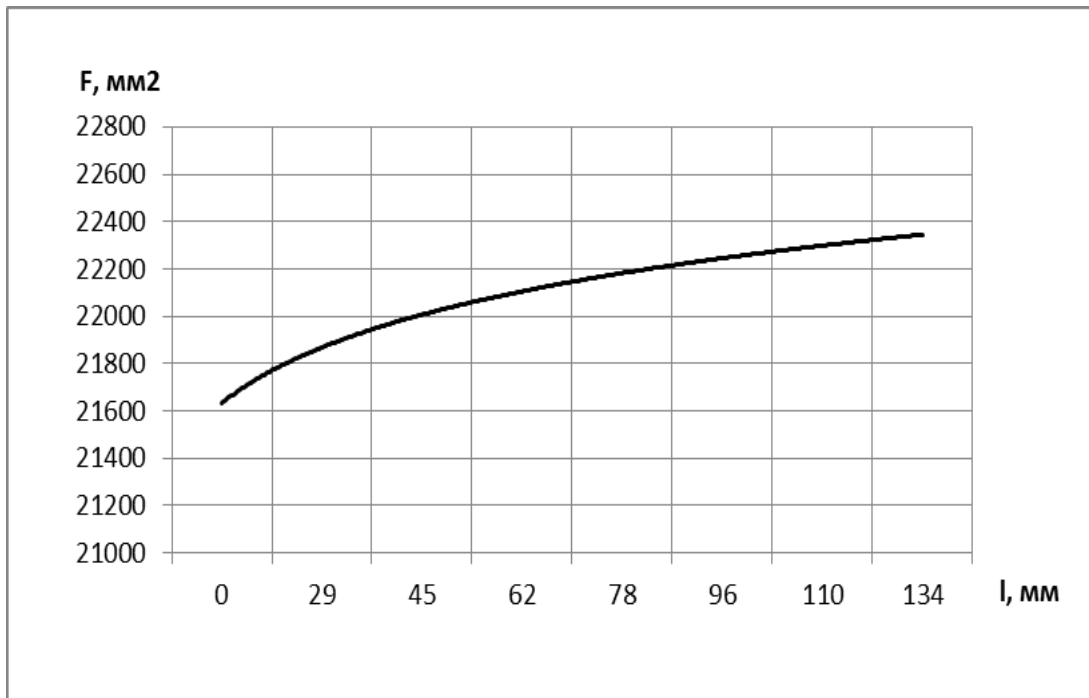


Рисунок 4.2 – До проектування меридіанного перерізу



| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

27

Рисунок 4.3 – Графік зміни площ меридіанного перерізу робочого колеса

4.2.3 Підготовка меридіанного перерізу робочого колеса для профілювання лопаті

Для робочих коліс $n_s < 100$ рекомендується кількість потоків $k=2$, кількість розрахункових перерізів (ліній струму) $n=3$.

Очертання ліній току знаходимо методом послідовних наближень із положення рівношвидкісного потоку, який відповідає постійності меридіанної швидкості V_m вздовж даної нормалі.

Витрата через кожний розрахунковий переріз вздовж нормалі, m^3/s :

$$q = \frac{Q_{p.k.}}{3600K} = 2\pi \cdot V_m \cdot (r_{ц.м.} \cdot l)_k, \quad (4.46)$$

де l – довжина відрізка нормалі між сусідніми лініями, м;

$r_{ц.т.}$ – відстань ваги відрізка l до вісі робочого колеса, м.

Виходячи з того, що швидкість V_m вздовж нормалі постійна, то вищезгаданий вираз приймає вигляд:

$$r_{ц.м.} \cdot l = const$$

Тут:

$$\delta(r_{ц.м.} \cdot l) = r_{ц.м.} \cdot l - (r_{ц.м.} \cdot l)_{cp},$$

$$(r_{ц.м.} \cdot l)_{cp} = \frac{\sum r_{ц.м.}}{K},$$

$$\delta l = \frac{\delta(r_{ц.м.} \cdot l)}{r_{ц.м.}}. \quad (4.47)$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

За значеннями δl вносимо корективи в лінії струму і нормалі. Кореговку закінчуємо, якщо відхилення $\delta l/l \leq 0,05$.

Таблиця 4.5 - Розрахунки до рівношвидкісного потоку

| Линия тока | $r_{ум}$, мм | l , мм | $r_{ум} \times l$, мм ² | $d (r_{ум} l)$ | $d l \times l$ | V_m , м/с |
|------------|---------------|----------|-------------------------------------|----------------|----------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 |
| Нормаль №1 | | | | | | |
| α | 75,50 | 23,00 | 1736,50 | -19,00 | -0,011 | 2,61 |
| b | | | | | | |
| c | 45,50 | 39,00 | 1774,50 | 19,00 | 0,011 | 2,56 |
| Нормаль №2 | | | | | | |
| α | 76,44 | 22,50 | 1719,81 | -15,46 | -0,009 | 2,64 |
| b | | | | | | |
| c | 46,73 | 37,46 | 1750,73 | 15,46 | 0,009 | 2,59 |
| Нормаль №3 | | | | | | |
| α | 80,54 | 22,00 | 1771,86 | 0,44 | 0,0002 | 2,56 |
| b | | | | | | |
| c | 55,46 | 31,93 | 1770,99 | -0,44 | 0,0002 | 2,56 |
| Нормаль №4 | | | | | | |
| α | 86,07 | 21,50 | 1850,44 | 59,60 | 0,032 | 2,45 |
| b | | | | | | |
| c | 68,41 | 25,31 | 1731,24 | -59,60 | -0,034 | 2,62 |
| Нормаль №5 | | | | | | |
| α | 98,03 | 19,00 | 1862,63 | 73,58 | 0,040 | 2,44 |
| b | | | | | | |
| c | 86,10 | 19,93 | 1715,48 | -73,58 | -0,043 | 2,65 |
| Нормаль №6 | | | | | | |
| α | 108,27 | 16,50 | 1786,38 | -5,56 | -0,003 | 2,54 |
| b | | | | | | |
| c | 102,58 | 17,52 | 1797,50 | 5,56 | 0,003 | 2,52 |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

29

Зм. Лист № докум. Підпис Дата

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|
| <i>c</i> | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|

Продовження таблиці 4.5- Розрахунки до рівношвидкісного потоку

| Нормаль №7 | | | | | | | |
|-------------|--------|-------|---------|--------|--------|------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <i>a</i> | 120,53 | 14,36 | 1730,46 | -60,64 | -0,035 | 2,62 | |
| <i>b</i> | | | | | | | |
| <i>c</i> | 117,66 | 15,74 | 1851,75 | 60,64 | 0,033 | 2,45 | |
| Нормаль №8 | | | | | | | |
| <i>a</i> | 131,16 | 13,51 | 1771,93 | -13,99 | -0,008 | 2,56 | |
| <i>b</i> | | | | | | | |
| <i>c</i> | 129,25 | 13,93 | 1799,91 | 13,99 | 0,008 | 2,52 | |
| Нормаль №9 | | | | | | | |
| <i>a</i> | 143,47 | 12,50 | 1793,42 | -8,40 | -0,005 | 2,53 | |
| <i>b</i> | | | | | | | |
| <i>c</i> | 142,83 | 12,67 | 1810,22 | 8,40 | 0,005 | 2,51 | |
| Нормаль №10 | | | | | | | |
| <i>a</i> | 156 | 11,5 | 1794 | 0 | 0 | 2,53 | |
| <i>b</i> | | | | | | | |
| <i>c</i> | 156 | 11,5 | 1794 | 0 | 0 | 2,53 | |

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

30

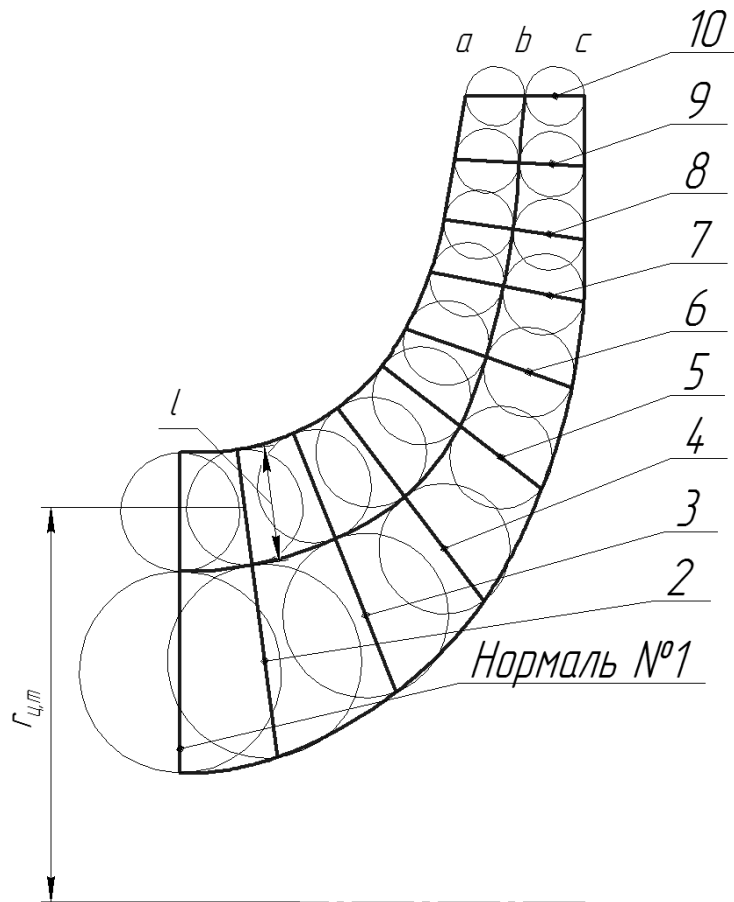


Рисунок 4.4 – Побудова ліній струму

4.2.4 Профілювання лопаті

Профілювання лопаті проводимо методом конформного відображення поверхні струму на розгортку поверхню циліндра обертання. При конформному відображенні кути лопаті зображують без спотворення, а відповідні лінійні розміри – пропорційні.

Для побудови координатної сітки на розгортці задаємося кутом $\Delta\varphi=10^\circ$ між меридіальними перерізами зображаемого циліндра, радіус якого приймаємо рівним[3]:

$$R_{к.ц.}=150 \text{ мм.}$$

Геометричні розміри ячійки розгортки:

$$\Delta L = \frac{R_{к.ц.}}{c}, \quad (4.48)$$

де $c=10$ – стала.

$$\Delta S = \frac{\pi \cdot R_{к.ц.} \cdot \Delta \varphi}{180^\circ} \quad (4.49)$$

Тоді:

$$\Delta L = \frac{15}{10} = 15 \text{ мм};$$

$$\Delta S = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 10}{180^\circ} = 26,18 \text{ мм}$$

Лінійний крок лопаті на розгортці циліндра:

$$t = \frac{2\pi \cdot R_{к.ц.}}{z}; \quad (4.50)$$

$$t = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 150}{7} = 134,64 \text{ мм}$$

$$t^\circ = \frac{360^\circ}{7} = 51,43^\circ$$

Кут охопту лопаті θ приймають в залежності від n_s , а також умови $\theta \geq 1,5t^\circ$, яка в нашому випадку має вигляд $\theta \geq 90^\circ$. Орієнтовно на $n_s=96$, приймаємо $\theta=120^\circ$.

Для побудови конформного відображення координатної сітки на поверхні струму. розбиваємо всі розрахункові лінії струму по умовам конформності:

$$\frac{r_{cpi}}{\Delta l_i} = \frac{R_{к.ц.}}{C} = 0,1r_{cp}, \quad (4.51)$$

де r_{cpi} – відстань від вісі РК до середини відрізка Δl_i на лінії струму.

$$\Delta l_i = \frac{r_{cpi}}{c} = 0,1r_{cpi} \quad (4.52)$$

Таблиця 4.6 – Розрахунки по розбивці ліній струму на відрізки Δl

| №, Δl | a | | b | | c | |
|---------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | Δl_i , мм | r_{cpi} , мм | Δl_i , мм | r_{cpi} , мм | Δl_i , мм | r_{cpi} , мм |
| 1 | 14,87 | 148,7 | 14,86 | 148,6 | 14,86 | 148,6 |
| 2 | 13,47 | 134,7 | 13,45 | 134,5 | 13,44 | 134,4 |
| 3 | 12,23 | 122,3 | 12,18 | 121,8 | 12,16 | 121,6 |
| 4 | 11,16 | 111,6 | 11,05 | 110,5 | 11,01 | 110,1 |
| 5 | 10,27 | 102,7 | 10,04 | 100,4 | 9,97 | 99,7 |
| 6 | 9,6 | 96 | 9,16 | 91,6 | 9,05 | 90,5 |
| 7 | 9,1 | 91 | 8,43 | 84,3 | 8,23 | 82,3 |
| 8 | | | 7,85 | 78,5 | 7,5 | 75 |
| 9 | | | 7,4 | 74 | 6,85 | 68,5 |
| 10 | | | | | 6,27 | 62,7 |
| 11 | | | | | 5,93 | 59,3 |

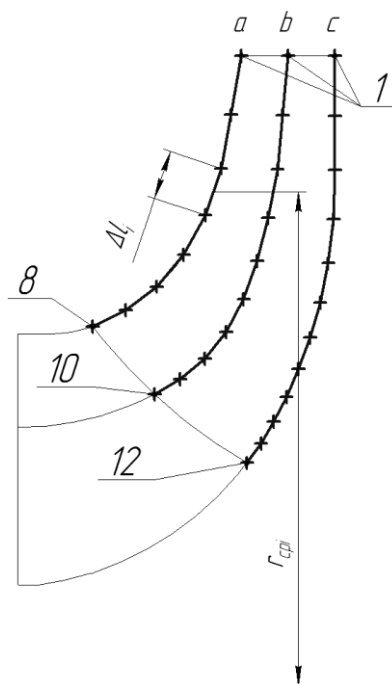


Рисунок 4.5 – Розбивка ліній току за умовою конформності

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|

Для прийнятого положення вхідної кромки визначаємо кути входу для кожного перерізу α, b, c .

Меридіанна швидкість, м/с.

$$V'_{1m} = \frac{Q_{p.k.}}{k \cdot 2\pi \cdot r_{ц.т.} \cdot l}, \quad (4.50)$$

де l – довжина нормалі між даною і сусідніми лініями струму, яка проведена через дану точку входу, м;

$r_{ц.т.}$ – відстань центра ваги нормалі l від вісі РК, м.

Струмinka:

$$a: V'_{1m} = \frac{0,057}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,022 \cdot 0,079} = 2,67 \text{ м/с}$$

$$b: V'_{1m} = \frac{0,057}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,059 \cdot 0,030} = 2,6 \text{ м/с}$$

$$c: V'_{1m} = \frac{0,057}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,063 \cdot 0,027} = 2,64 \text{ м/с}$$

Колова швидкість:

$$U_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{вх} \cdot n}{60}, \quad (4.51)$$

де $r_{вх}$ – радіус кола, на якому лежить дана точка входу, м.

$$a: U_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,089 \cdot 1500}{55} = 15,24 \text{ м/с}$$

$$b: U_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,072 \cdot 1500}{55} = 12,33 \text{ м/с}$$

$$c: U_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,055 \cdot 1500}{55} = 9,42 \text{ м/с}$$

Колова складова абсолютної швидкості на вході при осьовому вході $V_{1u} = 0$

Кут потоку:

$$\beta'_{1n} = \arctg \frac{V'_{1m}}{U_1 - V_{1u}}, \quad (4.52)$$

$$a: \beta_{1n} = \arctg \frac{2,67}{15,24-0} = 10,76^\circ$$

$$b: \beta_{1n} = \arctg \frac{2,6}{12,33-0} = 12,95^\circ$$

$$c: \beta_{1n} = \arctg \frac{2,64}{9,42-0} = 16,7^\circ$$

Задаємося кутами лопаті $\beta_1 > \beta_{1n}'$:

a: $\beta_1 = 14,5^\circ$; b: $\beta_1 = 22,5^\circ$; c: $\beta_1 = 30^\circ$;

Кут лопаті в площині перпендикулярній до дотичної до входної кромки в точці входу:

$$\varphi_{1n} = \arctg [tg \beta_1 \cdot \sin \lambda], \quad (4.53)$$

де λ – кут між дотичними до входної кромки і лініями току в точці входу.

$$a: \varphi_{1n} = \arctg [tg 14,5^\circ \cdot \sin 72,21^\circ] = 13,84^\circ$$

$$b: \varphi_{1n} = \arctg [tg 22,2^\circ \cdot \sin 70,26^\circ] = 21,3^\circ$$

$$c: \varphi_{1n} = \arctg [tg 30^\circ \cdot \sin 83,3^\circ] = 29,83^\circ$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

Товщина лопаті вздовж кола $D_{вх}$:

$$\sigma_1 = \frac{S_1}{\sin \varphi_{1,л}}, \quad (4.54)$$

$$а: \sigma_1 = \frac{0,004}{\sin 13,84^\circ} = 0,0167 м$$

$$b: \sigma_1 = \frac{0,004}{\sin 21,3^\circ} = 0,011 м$$

$$с: \sigma_1 = \frac{0,004}{\sin 29,83^\circ} = 0,008 м$$

Крок лопатей:

$$t_1 = \frac{2\pi \cdot r_{ex}}{z}, \quad (4.55)$$

$$а: t_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,089}{7} = 0,08 м$$

$$b: t_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,072}{7} = 0,065 м$$

$$с: t_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,055}{7} = 0,05 м$$

Коефіцієнт стиснення потоку лопотями.

$$\psi_1 = \frac{t_1 - \sigma_1}{t_1}, \quad (4.56)$$

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |

$$\alpha: \psi_1 = \frac{0,08 - 0,0167}{0,08} = 0,79$$

$$b: \psi_1 = \frac{0,065 - 0,011}{0,065} = 0,83$$

$$c: \psi_1 = \frac{0,05 - 0,008}{0,05} = 0,84$$

Кут потоку з урахуванням потоку:

$$\beta_{1n} = \arctg \left[\operatorname{tg} \beta'_{1n} \cdot \frac{1}{\psi_1} \right], \quad (4.57)$$

$$\alpha: \beta_{1n} = \arctg \left[\operatorname{tg} 10,76^\circ \cdot \frac{1}{0,79} \right] = 13,5^\circ$$

$$b: \beta_{1n} = \arctg \left[\operatorname{tg} 12,95^\circ \cdot \frac{1}{0,83} \right] = 15,5^\circ$$

$$c: \beta_{1n} = \arctg \left[\operatorname{tg} 16,7^\circ \cdot \frac{1}{0,84} \right] = 20^\circ$$

Кут атаки:

$$\Delta\beta = \beta_1 - \Delta\beta_{1n}, \quad (4.58)$$

$$\alpha: \Delta\beta = 14,5^\circ - 13,5^\circ = 1^\circ \quad (\text{рекомендоване значення } \Delta\beta_{\text{опт}} = 1^\circ \div 3^\circ)$$

$$b: \Delta\beta = 22,5^\circ - 15,5^\circ = 7^\circ \quad (\text{рекомендоване значення } \Delta\beta_{\text{опт}} = 5^\circ \div 7^\circ)$$

$$c: \Delta\beta = 30^\circ - 20^\circ = 10^\circ \quad (\text{рекомендоване значення } \Delta\beta_{\text{опт}} = 7^\circ \div 10^\circ)$$

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

$$\bar{H} = \frac{H}{H_0} = A + B \cdot \frac{Q}{Q_0} + C \cdot \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^2 + D \cdot \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^3,$$

або

$$\bar{H} = A + B \cdot \bar{Q} + C \cdot \bar{Q}^2 + D \cdot \bar{Q}^3, \quad (4.59)$$

де H , H_0 – поточний і оптимальний напір; Q , Q_0 – поточна й оптимальна подача; \bar{H} , \bar{Q} – відносний напір і подача; A , B , C , D – коефіцієнти.

Коефіцієнти визначалися при наступних значеннях відносної подачі:

$\bar{Q} = 0$; $\frac{d\bar{H}}{d\bar{Q}} = 0$; $\bar{Q} = 1$; $\bar{Q} = \bar{Q}_{\text{макс}}$. У результаті обробки експериментальних

характеристик отримані наступні значення: $A = 1,15$; $B = 0,15$; $C = -0,25$;

$D = -0,05$ і рівняння приймає вид:

$$\bar{H} = 1,15 + 0,15 \cdot \bar{Q} - 0,25 \cdot \bar{Q}^2 - 0,05 \cdot \bar{Q}^3. \quad (4.60)$$

Залежність напору від подачі у відносних величинах оброблених характеристик насосів з подачею від 5 до 400 $\text{м}^3/\text{г}$ і різної швидкістю виявилось досить близькою: відхилення складає в середньому $\pm 5\%$ і знаходиться в припустимих межах. Трохи більша розбіжність – до 8% мається в режимах недовантаження (при подачах, близьких до нуля) через різну інтенсивність зворотних струмів на вході і виході робочого колеса. Однак для попередніх розрахунків зазначена розбіжність помітної ролі не грає. Таким чином, отримані коефіцієнти не залежать від швидкості робітників органів, розрахованих на режим максимального ККД.

Розрахунок енергетичної характеристики проводився на основі обробки експериментів по формулі:

$$\eta = \eta_{\max} \cdot \left(2 \cdot \bar{Q} - \bar{Q}^2 \right) \quad (4.61)$$

де η – поточний КПД; η_{\max} - оптимальний ККД.

Максимальні значення ККД отримані обробкою результатів іспитів більш ста досвідчених зразків консольних насосів швидкохідністю 30-180 і подачею до $400 \text{ м}^3/\text{г}$ і можуть бути розраховані по залежності

$$\eta_{\max} = a \cdot \left(\frac{0,437 \cdot Q_0}{n} \right)^b, \quad (4.62)$$

де $a = 1,08$ (для $n=2900$ і 1450 хв^{-1} при $Q < 35 \text{ м}^3/\text{г}$); $a = 1,02$ (для $n=1450 \text{ хв}^{-1}$ при $Q \geq 35 \text{ м}^3/\text{г}$); $b = 0,118 - 0,016 \cdot n_s$ (при $n_s \geq 60$); $b = 0,325 - 0,114 \cdot n_s$ (при $n_s < 60$).

При розрахунку характеристик насосів, що мають привід з частотою обертання, відмінної від синхронної (при подачі більш $35 \text{ м}^3/\text{г}$), допускається лінійна апроксимація коефіцієнта $a = 1,08 \div 1,02$.

Кавітаційну характеристику консольного насоса можна одержати з залежності критичного кавітаційного запасу від відносної подачі

$$\Delta \bar{h}_{кр.} = L \cdot \bar{Q}^2 + M \cdot \bar{Q} + P, \quad (4.63)$$

де $\Delta \bar{h}_{кр.} = \Delta h_{кр.} / \Delta h_{кр.}^{opt.}$ ($\Delta h_{кр.}$, $\Delta h_{кр.}^{opt.}$ – поточне значення критичного кавітаційного запасу і його значення в оптимальному режимі); L , M , P – коефіцієнти.

У результаті обробки матеріалів кавітаційних іспитів насосів швидкохідністю 60-180 отримані наступні значення коефіцієнтів: $L = 0,67$; $M = -0,34$; $P = 0,67$. Таким чином, кавітаційна характеристика може бути виражена середньостатистичною функцією:

$$\Delta \bar{h}_{кр.} = 0,67 \cdot (\bar{Q}^2 + 1) - 0,34 \cdot \bar{Q}, \quad (4.64)$$

Таблица 4.7 – Розрахунок характеристик насоса.

| Q, м ³ /год | H, м | η, % | Δh, м | N, кВт |
|------------------------|-------|------|-------|--------|
| 0 | 36,80 | 0 | 2,0 | 0 |
| 50 | 37,48 | 0,37 | 2,0 | 13,8 |
| 100 | 37,00 | 0,64 | 2,0 | 15,9 |
| 150 | 35,23 | 0,79 | 2,4 | 18,1 |
| 200 | 32,00 | 0,85 | 3,0 | 20,6 |
| 250 | 27,18 | 0,79 | 3,9 | 23,3 |
| 300 | 20,60 | 0,64 | 5,0 | 26,5 |

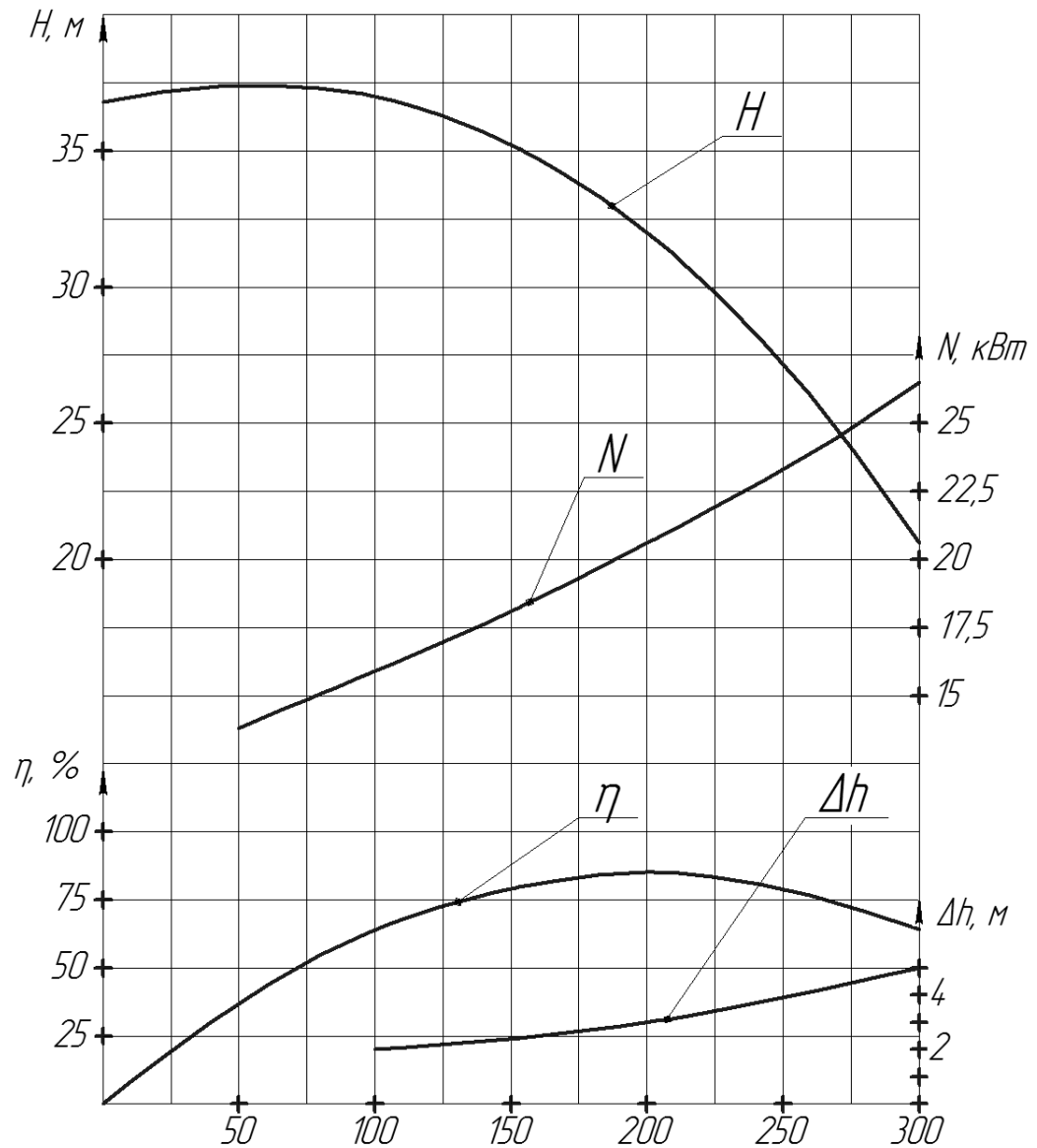


Рисунок 4.8- Характеристики насоса.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

4.3 Розрахунок граничного тиску насоса

Граничний тиск – це можливий максимальний тиск в напірному патрубку насоса[2]. Він складається з максимально можливого тиску на вході в насос та максимально можливого тиску, який розвивається насосом.

Граничний тиск розраховується за формулою:

$$P_{gp} = \rho_{max} gH_{max} + P_{ex.max}, \quad (4.65)$$

де $\rho_{max} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - максимальна густина перекачуваного середовища;

$H_{max} = k \cdot H$ - максимальний напір насосу;

$k = 1,05$ - коефіцієнт, збільшуючий напір насоса при нульовій подачі до максимального плюсового допуску по напору;

H - максимальний напір насоса.

$$H_{max} = 1,05 \cdot 55 = 57,75 \text{ м}$$

$$P_{gp} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 57,75 + 0,2 \cdot 10^6 = 0,82 \text{ МПа}$$

4.4 Узагальнення гідравлічного розрахунку

Після проведення гідравлічного розрахунку, були спроектовано нове робоче колесо на задані параметри для насоса АСКО 650-55 внаслідок чого найменування насоса змінюються в цьому и подальших етапах бакалаврської роботи – насос на АСКО 650-50.

5 Розрахунок сил, які діють на ротор насоса

5.1 Розрахунок радіальної сили

В насосах зі спіральними відводами гідродинамічна радіальна сила, яка діє на колеса, може досягати значних величин. Радіальна сила збільшує прогиб ротора та нагружає підшипники. Розрахунок радіальної сили потрібен для вибору радіальних зазорів у щільових ущільненнях та розрахунку підшипникових опор[2]. Радіальна сила спричинється нерівномірністю полів швидкостей та тиску на колі виходу з колеса. Нерівномірність параметрів потоку є наслідком несиметричності спірального відводу відносно вісі обертання. Поблизу розрахункового режиму нерівномірність найменша. Із зменшенням або збільшенням витрати нерівномірність збільшується.

$$F_r = K_{pr} \cdot [1 - (Q / Q_{omn})^2] \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot D_2 \cdot b_2 \quad (5.1)$$

де F_r - радіальна сила в насосі, Н;

K_{pr} - безрозмірний коефіцієнт радіальної сили. Приймаємо $K_{pr} = 0,36$;

Q - поточне значення подачі, м³/с;

Q_{omn} - значення подачі в режимі максимального ККД, м³/с;

b_2 - ширина РК на виході, мм;

ρ - густина рідини, кг/м³;

D_2 - зовнішній діаметр РК, мм.

Приймаємо $\frac{Q}{Q_{omn}} = 0$

$$F_r = 0,36 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 32 \cdot 0,312 \cdot 0,023 = 832 \text{ Н}$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

5.2 Розрахунок осьової сили

Осьове зусилля у даному насосі буде складатися з осьової сили від РК[2].

$$F_a = T_1 + T_2 + T_3, \quad (5.1)$$

де T_1 - осьова сила, яка виникає внаслідок нерівномірної дії тиску на основній та покривній диски РК, Н;

T_2 - динамічна складова осьової сили, Н;

T_3 - сила тиску на вході в РК, Н;

$$T_1 = \pi \rho g (r_{y1}^2 - r_{y2}^2) \left[H_p - \frac{U_2^2}{8g} \left(1 - \frac{r_{y1}^2 + r_{y2}^2}{2r_2^2} \right) \right], \quad (5.2)$$

де $H_p = H \left[1 - \left(\frac{v_{u2}}{2u_2} \right)^2 \right]$ - потенційний напір.

Дивлячись на те, що в конструкції даного насосу розглядається варіант розвантаження осьової сили за рахунок використання симетричного ущільнення та перепускної трубки, то осьова сила, діюча на основний та покриваючий диски, теоретично врівноважена, а за рахунок перепускної трубки вирівнюється тиск перед колесом та за ним[2], за рахунок чого дещо зменшується величина T_3 .

$$T_2 = \rho Q V_0; \quad (5.3)$$

$$T_2 = 1000 \cdot 0,181 \cdot 2,63 = 476 \text{ Н}$$

$$T_3 = P_{ex} \cdot \pi \cdot r_{y3}^2; \quad (5.4)$$

Перв. примен.

Сила тиску при $P_{вх.мах}$

$$T_3 = 200000 \cdot 3,14 \cdot 0,03^2 = 565 \text{ Н}$$

Сила тиску при $P_{вх} = \rho \cdot g \cdot \Delta h_{дон}$, що відповідає допустимому кавітаційному запасу

$$T_3 = 29430 \cdot 3,14 \cdot 0,03^2 = -83 \text{ Н}$$

Справ. №

«-» тиск розрідження.

Тоді осьова сила робочого колеса дорівнює:

при $P_{вх.мах}$

$$F_a = 565 + 476 = 1041 \text{ Н}$$

при $P_{вх} = \rho \cdot g \cdot \Delta h_{дон}$

$$F_a = -83 + 476 = 393 \text{ Н}$$

Подпись и дата

Як бачимо осьова сила при $P_{вх} = \rho \cdot g \cdot \Delta h_{дон}$ досить не значна тому подальший розрахунок будемо вести при $F_a = 711 \text{ Н}$

Зобразимо схематично сили, які діють на ротор насоса (рис. 5.1.)

Подпись и дата

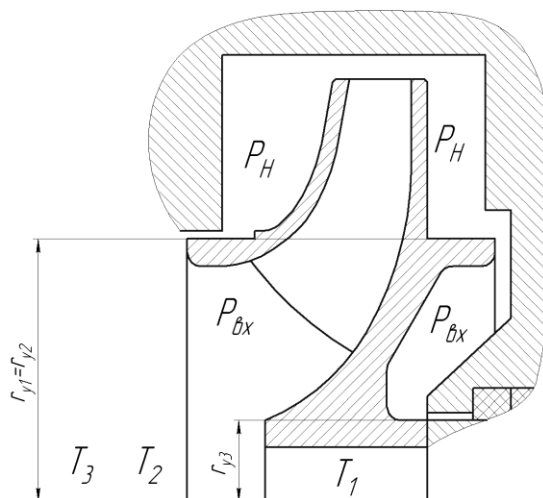


Рисунок 5.1 - Сили, які діють на ротор насоса

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

46

6 Розрахунок до вибору підшипників

6.1 Розрахунок реакцій в підшипниках

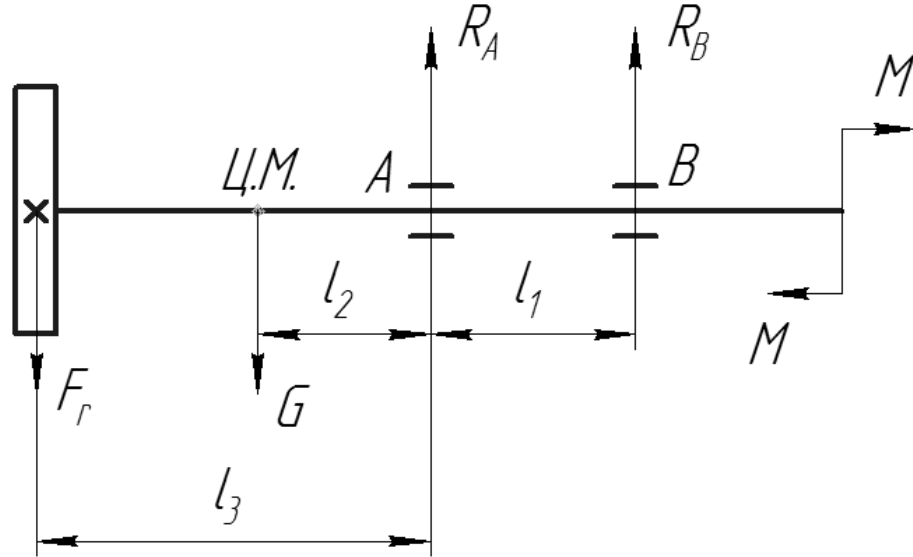


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема ротора насоса

де G – вага ротора, Н;

R_A, R_B – реакції в підшипниках, Н;

M – момент на валу від двигуна, Н·м;

l_1 – відстань між підшипниками, м $l_1 = 0,2$;

l_2 – відстань між підшипником і центром мас ротора, м $l_2 = 0,08$;

l_3 – відстань між підшипником і точкою прикладення радіальної сили, м
 $l_3 = 0,33$.

Для підшипника A умову рівноваги

$$\sum M_A = R_B \cdot l_1 - M + G \cdot l_2 + F_r \cdot l_3 = 0, \quad (6.1)$$

Для підшипника B умову рівноваги

$$\sum M_B = -R_A \cdot l_1 - M + G \cdot (l_2 + l_1) + F_r \cdot (l_3 + l_1) = 0, \quad (6.2)$$

6.2 Розрахунок до вибору радіально-упорного однорядного шарикопідшипника

Еквівалентне динамічне навантаження визначається за формулою[6]:

$$P = (VXF_r + YF_a) \cdot k_o \cdot k_m, \quad (6.6)$$

де F_r та F_a - відповідно радіальне та осьове навантаження, Н;

V - коефіцієнт обертання. Для такого типу підшипників $V = 1$;

X та Y - відповідно коефіцієнти радіального та осьового навантаження, які залежать від типу підшипника, кута контакту α та відношення F_a / VF_r ;

k_o - коефіцієнт безпеки, який враховує вплив динамічного навантаження на довговічність підшипників кочення. В даному випадку $k_o = 1,2$;

k_m - коефіцієнт, враховуючий вплив температурного режиму роботи на довговічність підшипника $k_m = 1$.

Згідно ГОСТ 8338-75 вибираємо радіально-упорний однорядний шарикопідшипник легкої серії - 318, для якого динамічна вантажопід'ємність $C = 143$ кН, а статична вантажопід'ємність $C_o = 99$ кН.

$$\text{При } \frac{F_a}{C_o} = \frac{711}{99000} = 0,0072$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{711}{697} = 1,02$$

$$Y = 1,6$$

$$X = 0,45$$

$$\text{Тоді } P = (0,45 \cdot 697 + 1,6 \cdot 711) \cdot 1,2 = 1741,5 \text{ Н} = 1,74 \text{ кН}$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піппис | Дата |

7 Розрахунок на міцність

7.1 Розрахунок вала на статичну міцність

Вихідні дані:

| | |
|--|-------------------------------|
| Матеріал вала | Сталь 40Х |
| Границя міцності σ_{ϵ} , МПа | 1000 |
| Границя текучості $\sigma_{0,2}$, МПа | 800 |
| Границя втоми при згинанні σ_{-1} , МПа | $0,5\sigma_{\epsilon} = 500$ |
| Границя втоми при крученні τ_{-1} , МПа | $0,29\sigma_{\epsilon} = 290$ |
| Крутний момент $M_{кр}$, Н*мм | $154,124 \cdot 10^3$ |

Вал знаходиться в умовах сумісної дії згинання та кручення. Найнебезпечнішим є переріз під робочим колесом, яке послаблене шпоночним пазом[8].

Номінальна дотична напруга в перерізах вала визначається за формулою.

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p}, \quad (7.1)$$

де W_p - момент опору крученню, м³.

Напруга згинання визначається за формулою:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W}, \quad (7.2)$$

де $M_u = 0,1 M_{кр}$ – згинаючий момент, Нм.

$$M_u = 0,1 \cdot 154,124 = 15,41 \text{ Нм}$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

Перв. примен.

W – момент опору переріза вала згинанню, м^3

Моменти опору крученню та згинанню вала переріза, який послаблений шпоночним пазом, визначається згідно формулам:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot \frac{h}{2} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right)}{2d}, \quad (7.3)$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot \frac{h}{2} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right)^2}{2d}, \quad (7.4)$$

Справ. №

де $d = 40$ мм - діаметр вала під колеса;

$b = 12$ мм - ширина шпоночного пазу;

$h = 4$ мм - глибина пазу.

Після підстановки чисельних значень в (7.3) та (7.4), отримуємо:

Подпись и дата

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 40^3}{16} - \frac{12 \cdot \frac{5}{2} \cdot \left(40 - \frac{5}{2}\right)^2}{2 \cdot 40} = 12039 \text{ мм}^2;$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 40^3}{32} - \frac{12 \cdot \frac{5}{2} \cdot \left(40 - \frac{5}{2}\right)^2}{2 \cdot 40} = 5756 \text{ мм}^2.$$

Підставляємо отримані дані у (7.1) та (7.2).

$$\tau = \frac{154,124 \cdot 10^3}{12039} = 12,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_u = \frac{15,4 \cdot 10^3}{5756} = 2,67 \text{ МПа}.$$

Подпись и дата

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

52

Запас міцності по статичній несучій здатності:

$$n = \frac{\sigma_{0,2}}{\sqrt{\sigma_u^2 + 4\tau^2}} \geq [n], \quad (7.5)$$

де $[n] = 2,2$ при $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_e} = \frac{800}{1000} = 0,8$

$$n = \frac{800}{\sqrt{2,67^2 + 4 \cdot 12,8^2}} = 31 > 2,2 \quad - \text{ умова виконується}$$

Запас міцності за межею стомлення:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}}, \quad (7.6)$$

де n_σ - запас міцності по нормальним напругам;

n_τ - запас міцності по доточним напругам.

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma \cdot \beta} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m}; \quad (7.7)$$

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau \cdot \beta} \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m}, \quad (7.8)$$

де k_σ, k_τ - ефективні коефіцієнти концентрації;

$\varepsilon_\sigma, \varepsilon_\tau$ - коефіцієнти, які враховують масштабний фактор;

ψ_σ, ψ_τ - коефіцієнти, які враховують вплив асиметрії циклу напруг;

$\sigma_a, \tau_a, \sigma_m, \tau_m$ - амплітуда та середнє значення напруг циклу.

$$\sigma_a = \sigma_u = 2,67 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\tau_a = 0,25 \cdot \tau_m = 0,25 \cdot 12,8 = 3,2 \text{ МПа};$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\tau_m = \tau = 12,8 \text{ МПа};$$

$$\psi_\sigma = 0,05;$$

$$\psi_\tau = 0.$$

Підставляємо у формулу (7.7) та (7.8)

$$n_\sigma = \frac{500}{\frac{2}{0,68} \cdot 2,67 + 0,05 \cdot 0} = 63,7;$$

$$n_\tau = \frac{290}{\frac{1,9}{0,74} \cdot 3,2 + 0 \cdot 12,8} = 35,3.$$

Тоді $n = \frac{63,7 \cdot 35,3}{\sqrt{63,7^2 + 35,3^2}} = 30,9.$

Запас міцності для валів: $n > 2,5$

$30,9 > 2,5$ – умова виконується.

7.2 Розрахунок шпоночного з'єднання під колесом

Вихідні дані для розрахунку:

| | |
|--|--------------|
| Розмір шпонки, м, $b \times h$ | 0,012x0,008 |
| Матеріал шпонки | Сталь 30X13 |
| Границя текучості $\sigma_{0,2}$, МПа | 540 |
| Матеріал колеса | Сталь 20X13Л |
| Границя текучості $\sigma_{0,2}$, МПа | 441 |
| Матеріал вала | Сталь 40X |
| Границя текучості $\sigma_{0,2}$, МПа | 800 |
| Крутний момент $M_{кр}$, Нм | 154,124 |

Крутний момент, який передається шпоночним з'єднанням:

$$M'_{кр} = \frac{M_{кр}}{i}, \quad (7.9)$$

де i – число ступіней.

$$M'_{кр} = \frac{154,124}{1} = 154,124 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Напруження зім'яття в шпоночному з'єднанні визначається за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot l_p \cdot t}, \quad (7.10)$$

де d - діаметр вала під колесом, м;

l_p - робоча довжина шпоки, м;

t - висота шпоночного паза в ступиці колеса $t = 8 - 5 = 3$ мм.

$$l_p = l - b, \quad (7.11)$$

$$l_p = 0,032 - 0,012 = 0,02 \text{ м.}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 154,124}{0,04 \cdot 0,02 \cdot 0,003} = 128,44 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження змінання для матеріалу (шпонка, вал, колеса), який має найширшу границю текучості, визначається за формулою:

$$[\sigma_{зм}] = \frac{\sigma_{0,2}}{n}, \quad (7.12)$$

$$[\sigma_{зм}] = \frac{441}{1,5} = 294 \text{ МПа,}$$

де $n = 1,5$ - коефіцієнт запасу міцності:

Умова міцності на змінання:

$$\sigma_{зм} = 128,44 \text{ МПа} < [\sigma]_{зм} = 294 \text{ МПа} \quad - \text{ умова виконується.}$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

56

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

8 Розрахунки до вибору двигуна

8.1 Визначення загального к.к.д. насоса

Втрати в лопатевому насосі розподіляють на гідравлічні, об'ємні та механічні[2].

Гідравлічні втрати

Гідравлічні втрати - це сумарні втрати під час руху рідини по водних каналах. Їх можна розділити на дві категорії: втрата тертя під час руху рідини в проточній частині насоса та втрата вихору, пов'язана з розділенням потоку навколо різних елементів робочих органів насоса [2].

Гідравлічний к.к.д. визначають за формулою Ломакіна(4.11) $\eta_r = 0,9$

Об'ємні втрати

Об'ємні втрати можна розділити на внутрішні та зовнішні. Внутрішні втрати включають потік гідравлічних ущільнювачів між нерухомими та обертовими елементами насоса; До зовнішніх втрат відносяться протікання в торцевих ущільнювачах на виході вала з корпусу насоса [2].

$$\eta_o = \frac{Q}{Q + q_1}, \quad (8.1)$$

де q_1 – витоки через передне ущільнення робочого колеса;

$$q_1 = \mu \cdot f_{y1} \sqrt{2g \cdot h_{y1}}, \quad (8.2)$$

де μ - коефіцієнт витрати;

$f_{y1} = \pi D_{y1} b$ – поперечний перетин щілинного ущільнення;

h_{y1} - напір, що втрачається в ущільненні.

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Пілпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

57

$$h_y = H_p - \frac{U_2^2}{8g} \left[1 - \left(\frac{r_y}{r_2} \right)^2 \right], \quad (8.3)$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{\lambda l}{2b} + 1,5}}, \quad (8.4)$$

де λ - коефіцієнт втрати, $\lambda=0,4$

b – радіальний зазор щілинного ущільнення; $b=0,2$ мм

l - довжина щілини; $l = 20$ мм.

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{0,4 \cdot 20}{2 \cdot 0,2} + 1,5}} = 0,215$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{0,4 \cdot 20}{2 \cdot 0,2} + 1,5}} = 0,215$$

$$H_p = H \left[1 - \left(\frac{v_{u2}}{2u_2} \right) \right]$$

$$H_p = 32 \cdot \left[1 - \left(\frac{18,8}{2 \cdot 24,48} \right) \right] = 19,7 \text{ м}$$

$$h_y = 19,7 - \frac{24,48^2}{8 \cdot 9,81} \cdot \left[1 - \left(\frac{0,097}{0,156} \right)^2 \right] = 15 \text{ м}$$

$$q_1 = 0,215 \cdot 3,14 \cdot 0,194 \cdot 0,00002 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 15} = 0,162 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$\eta_o = \frac{650}{650 + 0,162} = 0,9997$$

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

58

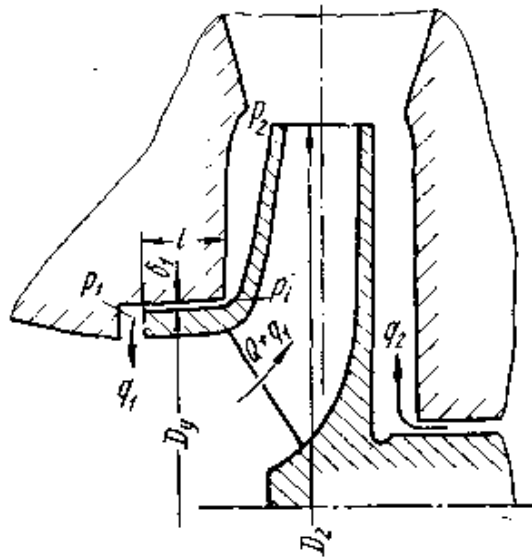


Рис. 9.1 – Схема витоків в ущільненнях робочого колеса відцентрового насоса.

Механічні втрати

Механічні втрати в насосі складаються з витрат на тертя в кінцевих ущільнювачах різних типів, в підшипниках і так званих дискових втрат. Механічні втрати поділяються на внутрішні та зовнішні [2]. Зовнішні втрати включають втрати в кінцевій пломбі, внутрішні - втрати від тертя диска [2].

Повний механічний к.к.д. дорівнює:

$$\eta_m = \frac{N}{N + N_{дт} + N_y} \cdot \eta_{п}; \quad (8.5)$$

Де $\eta_{п} = 0,99$ – к.к.д. підшипників;

$N_{дт}$ - втрати потужності на дискове тертя;

N_y - втрати потужності в сальниковому ущільненні;

N - потужність, кВт.

У відцентрових насосах середньої та великої потужності втрати диска є основним видом механічних витрат. Під дисками ми маємо втрачати енергію

через тертя робочої рідини про зовнішню поверхню крильчатки. Хоча вони мають гідравлічний характер, вони механічні, оскільки впливають на споживання електроенергії.

Втрати на дискове тертя визначаються за формулою Пфлейдерера:

$$N_{дт} = 0,882 \cdot u_2^3 \cdot D_2 \cdot (D_2 + 5 \cdot l); \quad (8.6)$$

Де u_2 - окружна швидкість на виході з робочого колеса, м/с;

D_2 - зовнішній діаметр робочого колеса, м;

l - сума товщини покривного и основного дисків робочого колеса;

$$N_{дт} = 0,882 \cdot 24,48^3 \cdot 0,312 \cdot (0,312 + 5 \cdot 0,012) = 1502 \text{ Вт} = 1,5 \text{ кВт}$$

Визначимо втрати потужності в сальнику:

$$N_c = 3,22 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot r^2 \cdot s \cdot \sigma_0 \cdot \left(1 - e^{-2\alpha f \frac{l}{s}}\right); \quad (8.7)$$

де r - радіус натискної втулки, см.

n - частота обертання вала, об/хв;

σ - контактне напруження між набивкою і валом, кг/см²;

$\alpha = 0,5$ коефіцієнт;

f - коефіцієнт тертя набивки ($f = 0,01 - 0,1$);

Контактне напруження:

$$\sigma_0 = P_0 \cdot e^{2\alpha f \frac{l}{s}}; \quad (8.8)$$

де l - довжина пакета ($l = 4$ см)

$f = 0,05$ – коефіцієнт тертя;

S – товщина кільця набивки, см ($S = 1$ см);

P_0 – тиск на вході в насос ($P_0 = 2$ кг/см²).

$$\sigma_0 = 2 \cdot e^{\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,055 \cdot 4}{1}} = 2,5 \text{ кгс / см}^2$$

$$N_c = 3,22 \cdot 10^{-5} \cdot 1500 \cdot 3^2 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,055 \cdot 4}{1}} \right) = 0,217 \text{ кВт}$$

$$\eta_m = \frac{24,5}{24,5 + 1,5 + 0,217} \cdot 0,99 = 0,925.$$

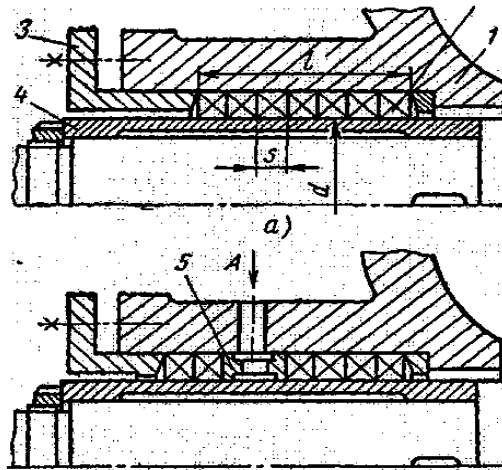


Рис. 9.2 – Конструкція сальникового ущільнення.

Визначимо повний розрахунковий к.к.д. насоса:

$$\eta = \eta_z \cdot \eta_o \cdot \eta_m, \quad (8.9)$$

$$\eta = 0,9 \cdot 0,9992 \cdot 0,925 = 0,832.$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

8.2 Визначаємо максимальну потужність на валу двигуна

$$N_{\max} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_2 \cdot H_2 \cdot k_2}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}, \quad (8.10)$$

де ρ - максимальна густина перекачуваного середовища, кг/м³;

Q_2 - максимальна подача насоса з урахуванням 10% запасу по перевантаженню необхідного при іспитах, м³/год;

$$Q_2 = 650 \cdot 1,10 = 715 \text{ м}^3/\text{год.}$$

H_2 - напір насоса при максимальній подачі, м;

$$H_2 = 55 \text{ м.}$$

k_2 - коефіцієнт, який враховує 5% відхилення напору від номіналу;

$$k_2 = 1,05.$$

η_1 - коефіцієнт корисної дії втулично-пальцевої муфти;

$$\eta_1 = 0,98.$$

η_2 - мінімальний коефіцієнт корисної дії насоса по технічному завданню

$$\eta_2 = 0,78.$$

$$N_{\max} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 650 \cdot 55 \cdot 1,05}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,98 \cdot 0,78} = 133,8 \text{ кВт}$$

На основі розрахунків в якості приводу електронасосного агрегату АСКО 650-55 вибрали двигун типу АМУ250М4УХЛ4, потужністю 55 кВт. Напруга – 220 / 380 В.

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

8.3 Визначаємо максимальний крутний момент

$$M_{\max} = 973,6 \cdot \frac{N_{\max}}{n_{\text{дв}}}, \quad (8.11)$$

де $n_{\text{дв}}$ – частота обертання двигуна, об/хв.

$$M_{\max} = 973,6 \cdot \frac{133,8}{1500} = 86,8 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Графік залежності моменту опору від частоти обертання при пуску насоса будується для найбільш важких умов запуску на відкриту засувку.

Графік будується по закону $M = k_1 \cdot n^2$ та основним точкам:

1) момент рушіння з місця:

$$M_0 = 0,2 \cdot M_n, \quad (8.12)$$

де M_n - номінальний момент.

$$M_n = 973,6 \cdot \frac{N}{n_{\text{дв}}}, \quad (8.13)$$

де N - номінальна потужність насоса розрахована по номінальним параметрам

$$N = \frac{\rho_1 g Q H}{\eta}, \quad (8.14)$$

η - коефіцієнт корисної дії насоса при номінальній подачі з урахуванням від'ємного відхилення (-2%); $\eta = 83,2 - 2 = 81,2\% = 0,812$.

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 650 \cdot 55}{3600 \cdot 0,812} = 119973,8 \text{ кВт}$$

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

Тоді $M_n = 973,6 \cdot \frac{119973,8}{1500} = 77870,9 \text{ кгс} \cdot \text{м}$

$$M_0 = 0,2 \cdot 77870,9 = 15574,1 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

2) повний розворот двигуна:

$$n_{\text{дв}} = 1500 \text{ об/хв та } M_{\text{max}} = 21,8 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

3) точка підриву зворотного затвора: параметри насоса при мінімально допустимій подачі взяти з характеристики насосу

$$Q=0; H_1 = 36,8 \text{ м}; N_1 = 11,65 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт k_1 визначається з граничних умов

$$k_1 = \frac{M}{(n')^2}, \quad (8.15)$$

де n' - частота обертання, при якій виникає підрив зворотного затвора

$$n' = n_{\text{об}} \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}; \quad (8.16)$$

$$n' = 1500 \cdot \sqrt{\frac{55}{36,8}} = 1833 \text{ об/хв}$$

При цьому момент опору дорівнює:

$$M = 973,6 \cdot \frac{N_1}{n'} \left(\frac{n'}{n_{\text{об}}} \right)^3; \quad (8.17)$$

$$M = 973,6 \cdot \frac{11,65}{1833} \left(\frac{1833}{1500} \right)^3 = 11,29 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

64

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

$$k_1 = \frac{11,29}{1833 \cdot l^2} = 3,361 \cdot 10^{-6}$$

Додатково наносимо на графік точку С, мінімальний момент опору, яка у відносних величинах має наступні координати:

$$\frac{n_c}{n_{де}} \approx 0,3; \quad \frac{M_c}{M_{\max}} \approx 0,03.$$

$$n_c = 0,3 \cdot 1500 = 450 \text{ об / хв}$$

$$M_c = 0,03 \cdot 86,8 = 2,60 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Таблиця 9.1 - Пускова моментна характеристика

| | | | | | | | | | | |
|----------|---|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| n, об/хв | 0 | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1725 | 2000 | 2250 |
| M, кгс·м | 0 | 0,21 | 0,84 | 1,89 | 3,36 | 5,25 | 7,56 | 10,00 | 13,44 | 17,00 |

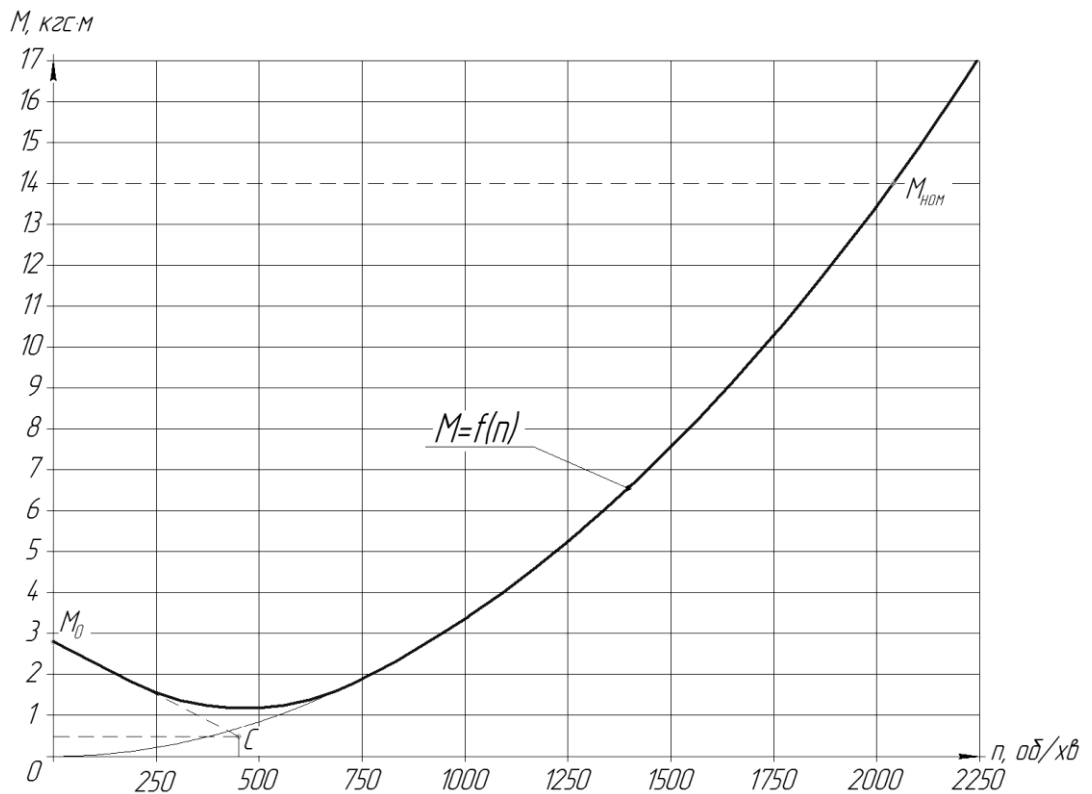


Рисунок 9.3 - Залежність моменту опору насоса К 125-310 при пуску від частоти обертання

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Лист | № докум. | Пілпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

65

9 Вибір та розрахунок втулково-пальцевої муфти

Передача крутного моменту від двигуна до насоса здійснюється муфтово-пальцевою муфтою. Еластичні муфтові пальцеві муфти (MPVP) набули широкого поширення завдяки відносній простоті конструкції та зручності заміни еластичних елементів. Гофровані гумові втулки або кільця трапецієподібного перерізу служать пружними елементами в МПВП. Через відносно невелику товщину втулок муфти мають низьку гнучкість і застосовуються головним чином для компенсації нерівності валів у малих межах. Пальці і кільця приймаються як стандартні, розміщуючи їх так, щоб були виконані умови:

$$zd_0 \leq 2,8D_0, \quad (9.1)$$

де z - число пальців;

d_0 - діаметр отвору під пружний елемент;

D_0 - діаметр розміщення пальців.

По крутному моменту вибираємо муфту з параметрами: $z = 4$; $d_0 = 26$ мм; $D_0 = 120$ мм; $d_n = 14$ мм; $l_{вт} = 25$ мм; $T_k = 500$ Нм. Так як діаметр під напів муфтою насоса більший за діаметр насоса, з конструкційних міркувань, муфта обрана з номінальним моментом $T_k = 500$ Нм

$$4 \cdot 26 < 2,8 \cdot 120;$$

$$104 < 336 \quad - \text{умова виконується}$$

Зовнішній діаметр муфти D при цьому визначають із співвідношення:

$$D = D_0 + (1,5 \dots 1,6)d_0; \quad (9.2)$$

$$D = 120 + 1,54 \cdot 26 = 160 \text{ мм}$$

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата |

Пружні елементи муфти перевіряють на зминання при рівномірному розподілі зусилля між пальцями[8]:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T}{z \cdot D_0 \cdot d_n \cdot l_{зм}} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (9.3)$$

де T - крутий момент, Нм;

d_n - діаметр пальця, м;

$l_{зм}$ - довжина пружного елемента, м;

D_0 - в м.;

$[\sigma]_{зм}$ - в Па.

Цей розрахунок умовний, так як не враховує істинний характер розподілу напружень. В цьому випадку допустиме напруження $[\sigma]_{зм} = 2 \text{ МПа}$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 154,124}{4 \cdot 0,12 \cdot 0,014 \cdot 0,025} = 1,83 \text{ МПа} < 2 \text{ МПа} \quad - \text{ умова виконується}$$

Пальці муфти, виготовлені із сталі 45, розраховують на прогин[8]:

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot T_k \cdot (0,5 \cdot l_{зм} + c)}{z \cdot D_0 \cdot 0,1 \cdot d_n^3} \leq [\sigma]_u, \quad (9.4)$$

де c - зазор між напівмуфтами; ($c = 0,003 \dots 0,005 \text{ м}$). Приймаємо $c = 0,005$.

Допустиме напруження прогину приймають $[\sigma]_u = \sigma_m (0,4 \dots 0,5) \text{ Па}$,

де σ_m - границя текучості матеріалу пальців.

$$\sigma_m = 440 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_u] = 0,4 \cdot 440 = 176 \text{ МПа};$$

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot 154,124 \cdot (0,5 \cdot 0,025 + 0,005)}{4 \cdot 0,12 \cdot 0,1 \cdot 0,014^3} = 41 \text{ МПа},$$

$$41 \text{ МПа} < 176 \text{ МПа} \quad - \text{ умова виконується.}$$

10 Розділ ЕОМ

У цьому розділі представлена 3D-модель робочого колеса, розроблена під час дисертації бакалавра за допомогою інструментів 3D-модельювання.

SolidWorks.

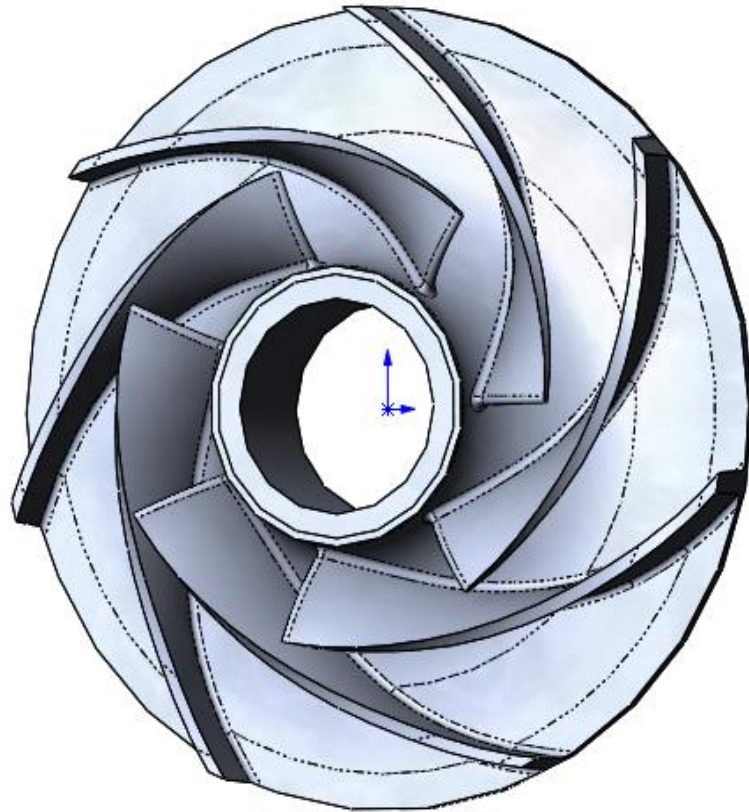


Рисунок 10.1 – Робоче колесо

Розглянемо більш детально етапи створення тривимірної моделі крильчатки.

3D-модель створюється на основі гідравлічних розрахунків та конформних діаграм, отриманих в результаті цих розрахунків.

Етап 1

Необхідно отримати конформну схему, лезо в плані, а також лінію перетину леза з меридіональними площинами. Дивіться більше деталей. малюнок

6.05050205.22БР.102.04 ТК.

Етап 2

В програмі SolidWorks в площині «Справа» створюємо ескіз на якому зображуємо меридіональній переріз РК.

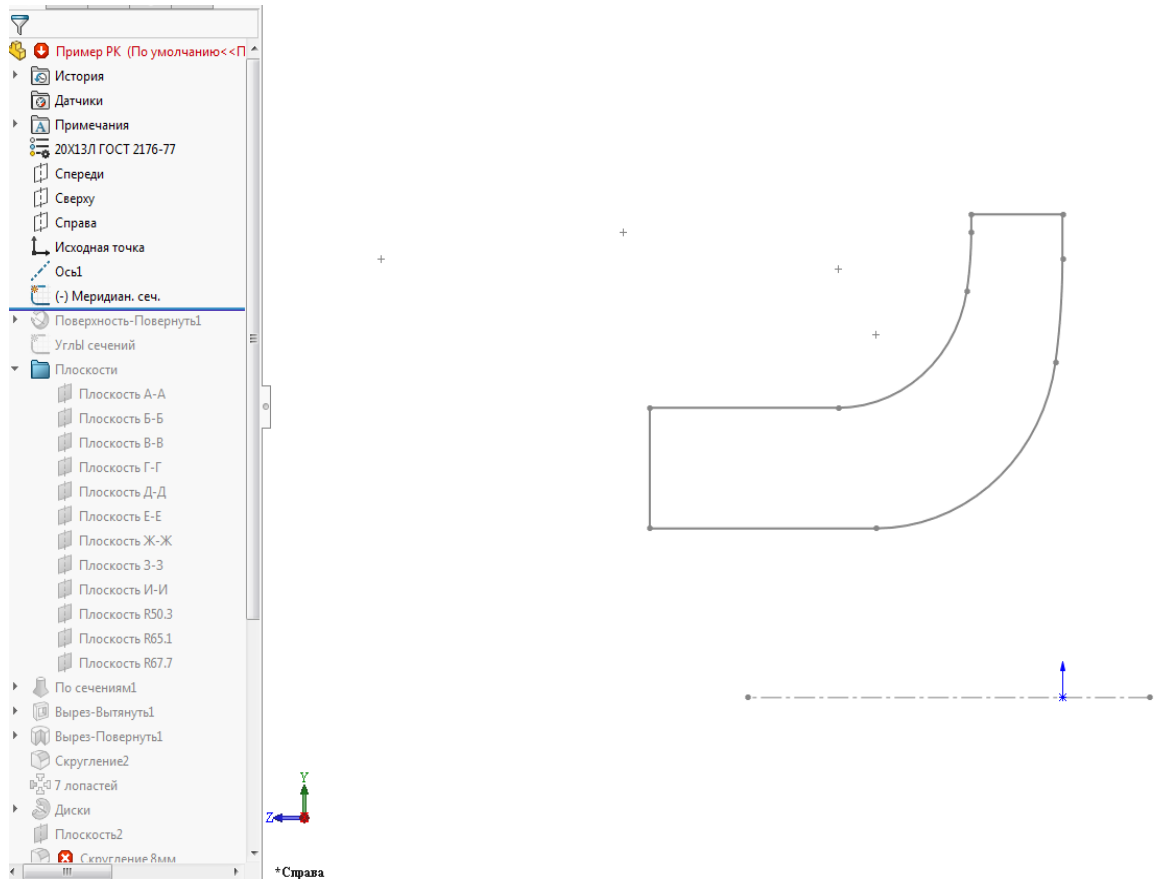


Рисунок 10.2 – Етап 2 створення 3D моделі РК

Этап 3

Виконуємо операцію «Повернутая бобышка/ основание.

Отримуємо основній та покривний диски РК.

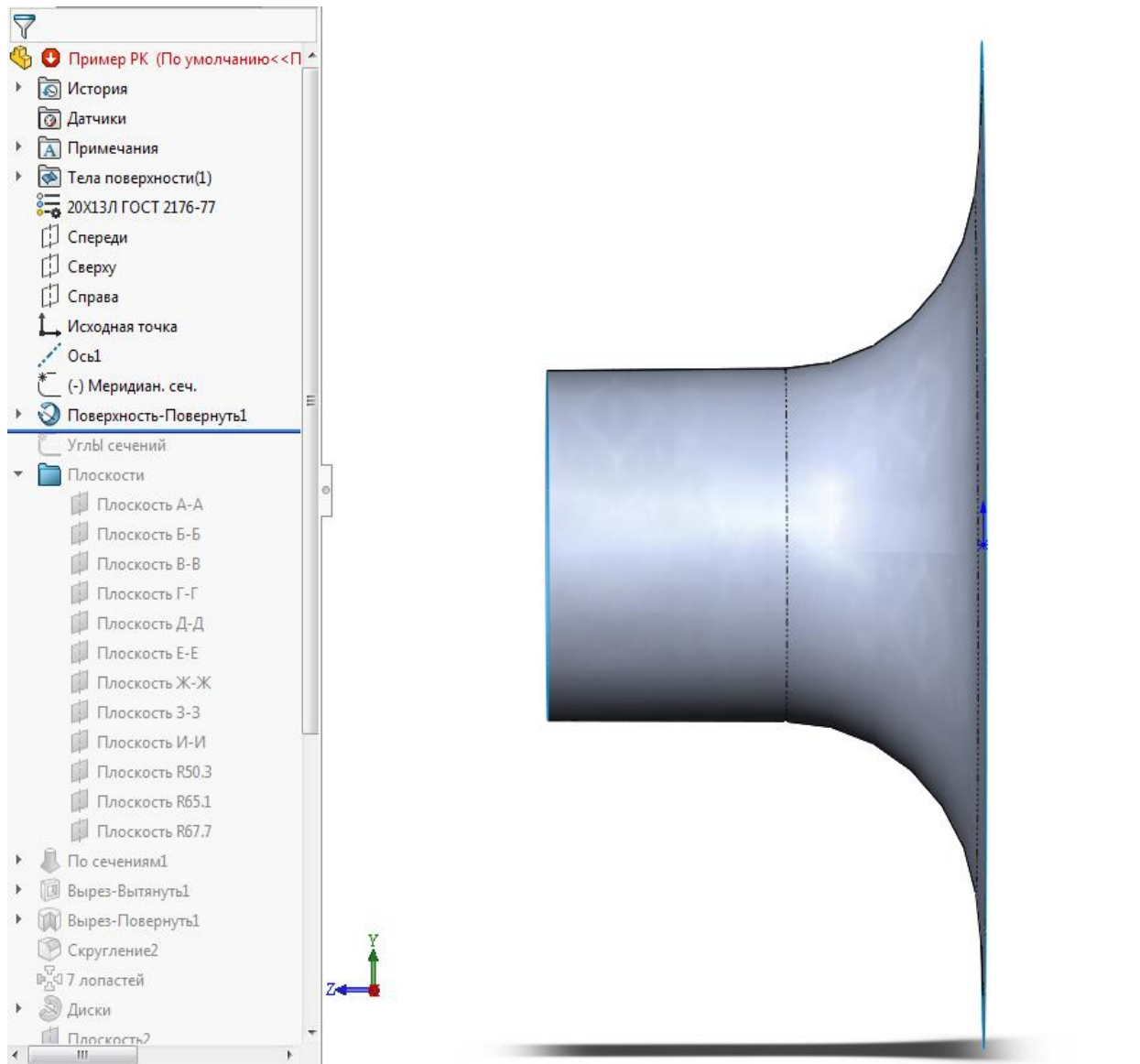


Рисунок 10.3 – Этап 3 створення 3D моделі РК

Етап 4

Створюємо меридіональні площини, які зображені на теоретичному кресленні(позначені А-А, Б-Б,...)

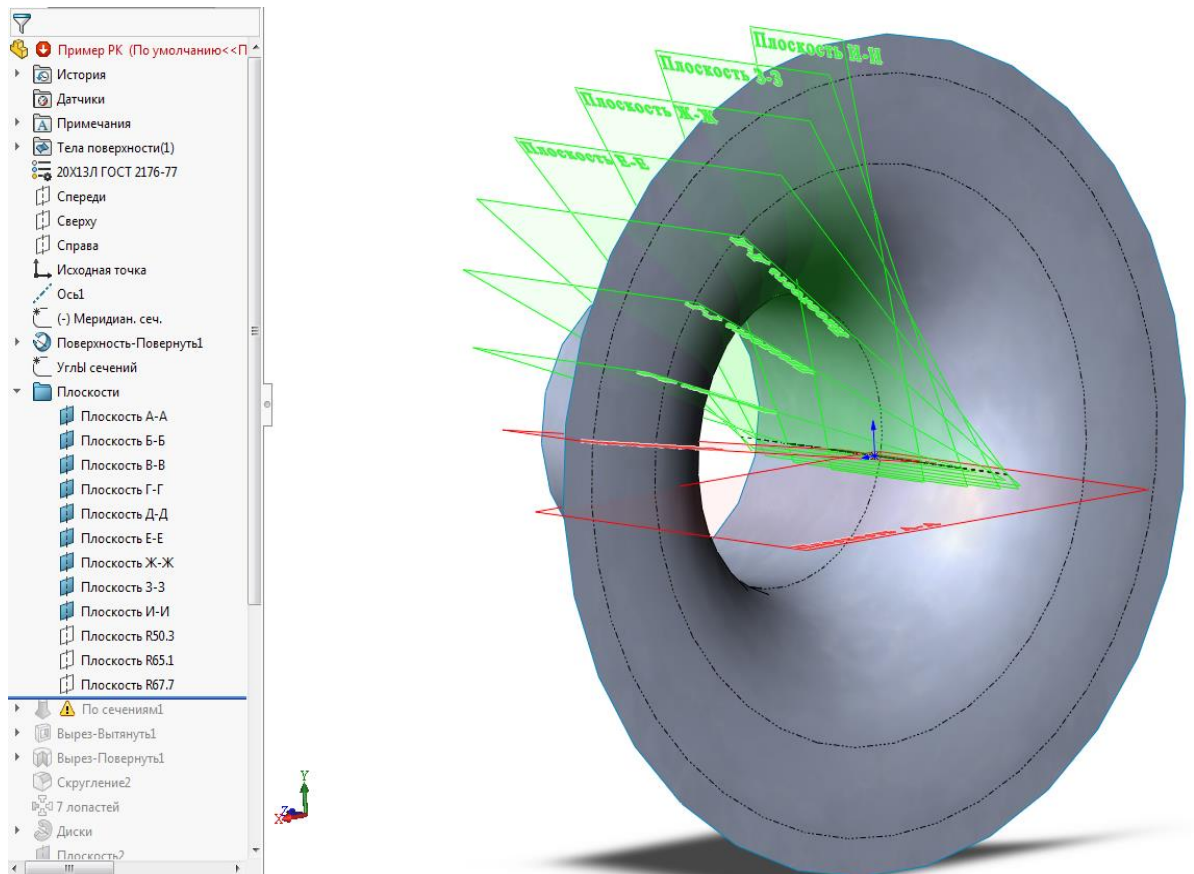
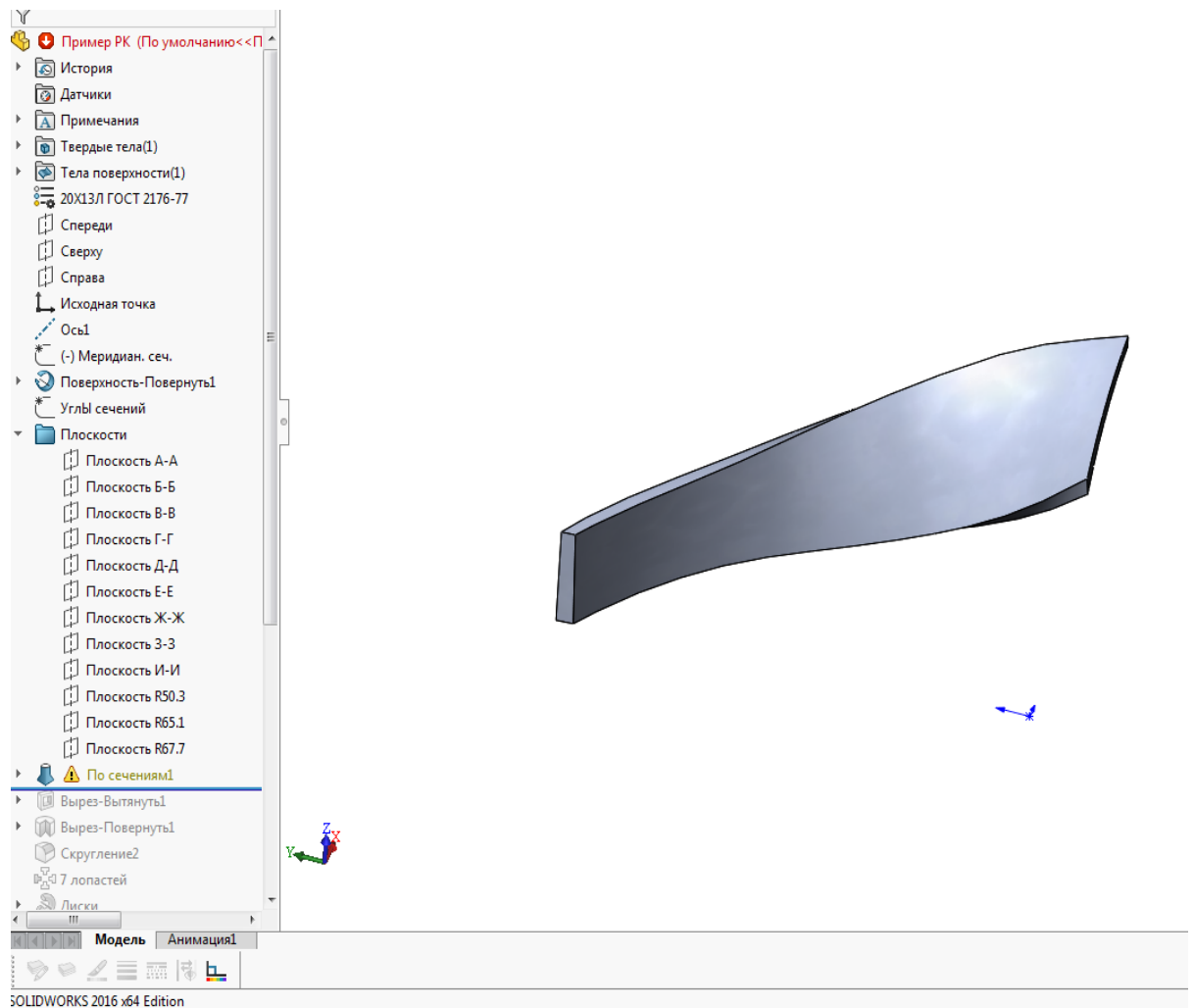


Рисунок 10.4 – Етап 4 створення 3D моделі РК

5 этап

На меридиональных плоскостях створюємо ескізи перерізу РК (беремо з теоретичного креслення), а, тоді проводимо операцію "Бобишка / основа на секціях" і отримуємо лезо РК. Для зручності вимкніть дисплей основних та кришок дисплеїв РК.



Перв. примен.

Справ. №

Рисунок 10.5 – Этап 5 створення 3D моделі РК

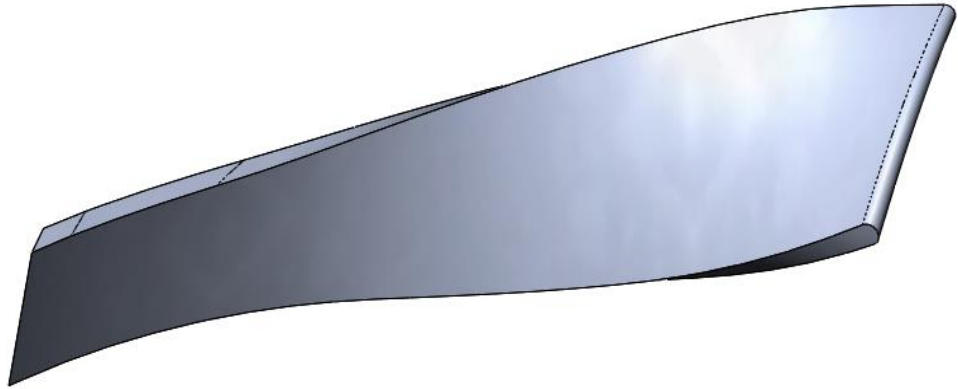


Рисунок 10.6 – Ескіз лопаті

Етап 6

Створюємо необхідну кількість лопатей за допомогою команди «Круговой массив». Знову відображуємо диски РК.

Подпись и дата

Подпись и дата

| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

73

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

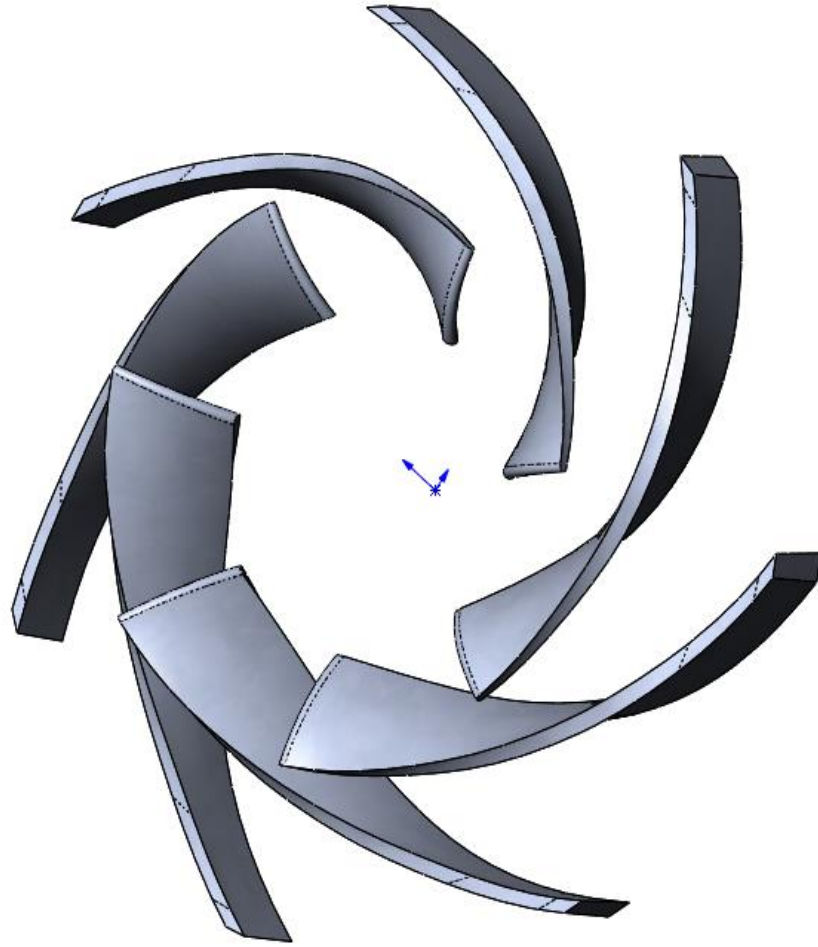


Рисунок 10.7 – Этап 6 створення 3D моделі РК

Етап 7

| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

74

Скругляємо грані між лопатями та дисками, прорізаємо шпонковий паз, проводимо інші незначні операції. Отримуємо 3D модель робочого колеса

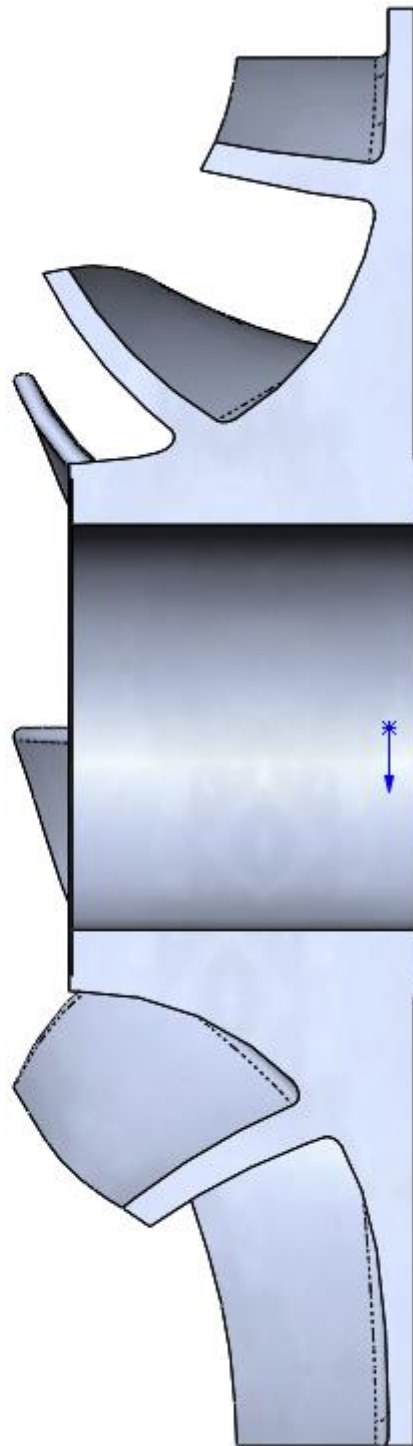


Рисунок 10.7 – Меридіональний переріз робочого колеса

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

75

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

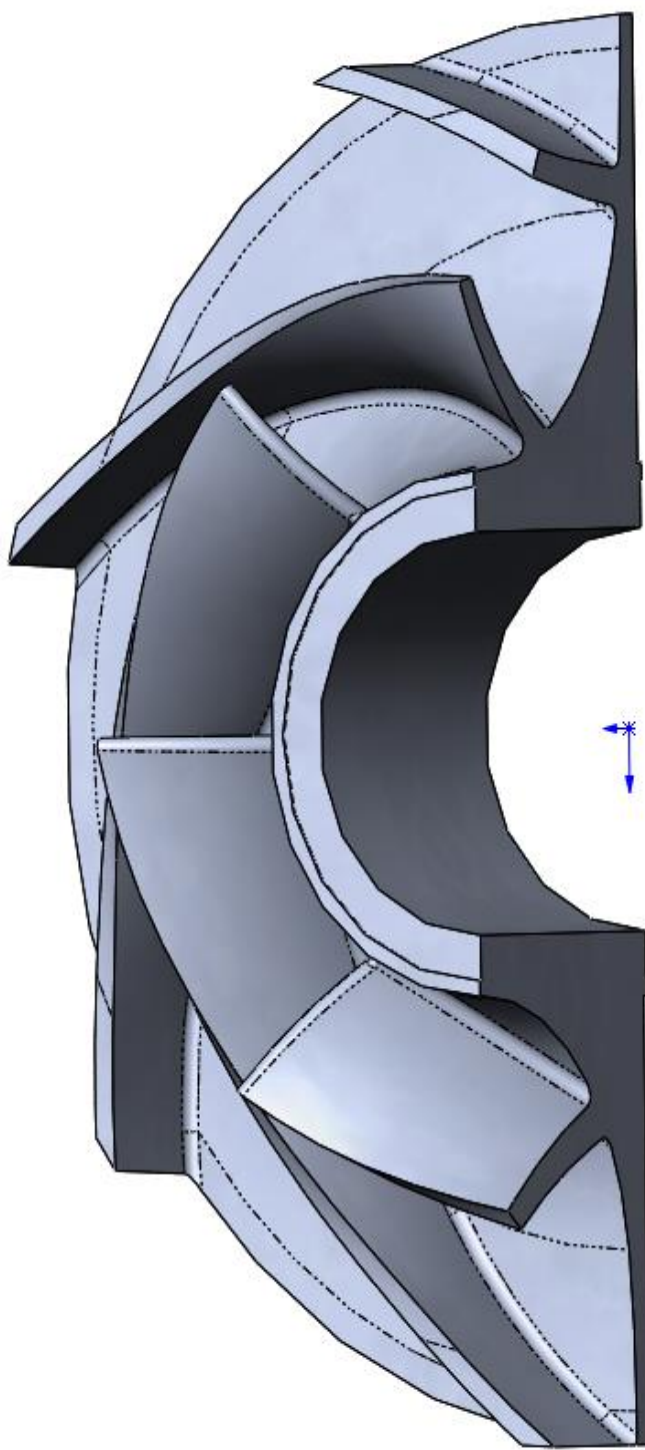


Рисунок 10.8 – Диаметр рабочего колеса

| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

76

11 Технологічний розділ

11.1 Характеристика типу виробництва

Серійний тип організації виробництва [11] характеризується одночасним виготовленням на підприємстві широкого асортименту однорідної продукції, виробництво якої повторюється протягом тривалого часу. Найпоширеніше серійне виробництво - у машинобудуванні та металообробці. При цьому випуск виробництва відбувається послідовно, а по відношенню до деталей - партіями.

Виробництво серії виробів одного стандартного розміру зазвичай повторюється через рівні проміжки часу. Під час повторних запусків серії машин часто вносяться зміни в конструкцію та технологічну підготовку виробництва, організацію робочих місць, підвищення кваліфікації робітників. Серійне виробництво дозволяє уніфікувати конструкції деталей, виробів та досягти типізації технологічних процесів та обладнання. Залежно від розміру серії, бувають масштабні, середні та дрібні виробництва.

При великомасштабному виробництві продукція випускається в безперервно великому обсязі протягом періоду, що перевищує, як правило, рік. Компанія спеціалізується на виробництві повністю використовуваних виробів або окремих компонентів та деталей. Магазили підприємств спеціалізуються на предметах, а робочі місця спеціалізуються на однорідних операціях. У такому виробництві широко застосовується спеціалізоване обладнання, виробничі лінії та засоби автоматизації (наприклад, конвеєри). Масштабне спілкування

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

дозволяє організувати на науковій основі всі підготовчі операції, виділивши їх на самостійний етап. До групи підготовчих операцій входить проектування виробу, його окремих частин, розробка нових технологічних процесів, виготовлення інструментів та пристроїв. Масштабне виробництво за своїм характером близьке до масового виробництва.

У середньому виробництві спеціальна спеціалізація обмежує велику кількість вузької номенклатури, α виробляється до кінця і тієї, що існує, і спеціальної спеціалізації виробництва. Навчання виробників, як правило, також використовує базовий виробничий процес. Середнє виробництво включає, застосовується, верстатобудування та переміщення, будівництво, пошук чорного та кольорового металу.

Дрібне виробництво - це перехідна форма від одиничного виробництва до виробництва невеликими партіями. Виготовлення виробів або окремих деталей, як правило, не повторюється. Розмір серії нестабільний, продажі обмежені існуючими замовленнями або контрактами. З цієї причини відносно швидко зупиняється виробництво деяких видів продукції та налагоджується освоєння нової. Дрібне виробництво включає виробництво певних видів прокату і сплавів спеціального призначення, невеликих партій виробів, машин, призначених для експериментів в різних умовах тощо. Дрібне виробництво виробляється з експериментального виробництва, виробництво, як правило, змінюють виготовлення одного розрізу.

Технічні та організаційні особливості серійного виробництва обумовлюють низку економічних переваг порівняно з одиничним виробництвом: скорочення виробничого циклу, поліпшення якості продукції, підвищення продуктивності праці, зниження собівартості. Ці фактори забезпечують підвищення ефективності виробництва.

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

78

11. 2 Розроблення технологічного процесу виготовлення робочого колеса

Крильчатка - це головне крильчатка, яке забезпечує подачу і тиск рідини. Крильчатка піддається великим динамічним навантаженням від тиску рідини на лезо, від відцентрових сил і вібрації при наявності неврівноважених сил. Крім того, вона піддається кавітації та корозії. Відповідно до завдання на бакалаврську роботу необхідно розробити маршрутний технологічний процес виготовлення робочого колеса (креслення 6.05050205.22БР.102.04). Тип виробництва – середньосерійний.

11.2.1 Технологічність деталі

Найважливішим показником досконалості конструкції машини чи деталі служить її технологічність.

Визначення технологічності конструкцій деталей і кількісна оцінка критеріїв технологічності виробництва проводиться за ГОСТ 14.205-83.

Під технологічністю конструкції виробу мається на увазі її відповідність тим конкретним методам виробництва, в умовах якого вона повинна виготовлятися. При інших рівних умовах більш технологічною є та конструкція, трудомісткість і собівартість виготовлення якої менша.

Підвищення технологічності конструкцій відбувається в таких основних напрямках:

- 1) спрощення конструктивних форм деталей, включаючи заготовки;
- 2) призначення раціональних допусків;
- 3) уніфікація і стандартизація конструкцій (вузлів, деталей та конструктивних елементів).

Відпрацювання технологічності конструкцій гідромашин проводиться на всіх стадіях проектування, у процесі технологічного контролю, а також у період освоєння виробництва машини.

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піппис | Дата |

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

5. Слід зазначити, що структура і механічні властивості металу у великій мірі залежать від швидкості охолодження.

6. Ув'язка конструктивних і формувальних ухилів.

7. Вибір способу транспортування виливки.

Безпосереднього конструювання литої деталі передусє вибір марки матеріалу і розрахунки на міцність.

Дане робоче колесо виготовляється зі сталі 20Х13Л.

Проведемо аналіз технологічності матеріалу, з якого зроблено робоче колесо.

За призначенням сталь 20Х13Л застосовується для деталей, що піддаються ударним навантаженням, а також виробів, що піддаються дії слабких агресивних середовищ, а також різних деталі машинобудування, що працюють при температурі не вище 700 °С.

11.2.2 Вибір заготовки та способу її отримання

Вартість отриманої деталі повністю залежить від правильності вибору способу прийому препарату. Вибір методу залежить від багатьох факторів: виду виготовлення, ваги деталі, складності форми, вимог креслення. У той же час необхідно враховувати новітні тенденції технології машинобудування, щоб зменшити витрату матеріалів, зменшити обробку, збільшити допуски, оскільки верстати з ЧПУ, автомати та автомати завжди все частіше використовуються для обробки деталей. Виробництво лопатевих насосів – серійне, так як виконується за замовленням.

Оскільки розглянута деталь має форму тіла обертання і виготовляється зі сталі 20Х13Л і має середньосерійний тип виробництва, то виберемо в якості заготовки лиття по виплавлюваних моделях.

Литтям по виплавлюваних моделях називається спосіб отримання виливків в оболонковій формі, виготовленій методом нанесення вогнетривкого покриття на легкоплавкі моделі. Останні потім виплавляються, в результаті

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Пілпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

81

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

Заготовка має прості та зручні в обробці великі, невеликі габарити. Точність даних низька. Кожна операція виконується майже з трьох установок, а скидання - вручну. Використовуйте версію з ЧПУ, яка незрозуміла, вигідна для сюрпризу, а є універсальна версія в нашому світі. Тому універсальний токарний токарний верстат моделі 1К62 буде використовуватися в дизайнерських проектах. Верстат моделі 1К62 призначений для обробки чорних і кольорових металів з великою швидкістю різання різцями з швидкорізальної сталі і твердих сплавів.

Для довбіжної операції використовується довбальний верстат з механічним приводом ГД 200.

Першою операцією технологічного процесу обробки деталі є заготівельна операція, що передбачає в собі отримання заготовки (лиття по виплавлюваних моделях). Далі слідує механічна обробка. Вона складається з токарної обробки, а точніше чорної токарної, токарної чистової, долбальна.

Маршрут обробки наведено в картах КТП, а також на плакаті маршруту обробки деталі.

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піппис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

83

12 Розділ Охорони праці

ЗАКОН УКРАЇНИ «Про охорону праці»

Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні[9].

Розділ I

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Стаття 1. Визначення понять і термінів

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Роботодавець - власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник - особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Стаття 2. Сфера дії Закону

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

Дія цього Закону поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Розділ II

ГАРАНТІЇ ПРАВ НА ОХОРОНУ ПРАЦІ

Стаття 5. Права на охорону праці під час укладання трудового договору

Умови трудового договору не можуть містити положень, що суперечать законам та іншим нормативно-правовим актам з охорони праці.

Під час укладання трудового договору роботодавець повинен проінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору.

Працівнику не може пропонуватися робота, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я. До виконання робіт підвищеної небезпеки та тих, що потребують професійного добору, допускаються особи за наявності висновку психофізіологічної експертизи.

Усі працівники згідно із законом підлягають загальнообов'язковому державному соціальному страхуванню від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності.

Стаття 6. Права працівників на охорону праці під час роботи

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Пілпис | Дата |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

85

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується спеціалістами з охорони праці підприємства за участю представника профспілки, членом якої він є, або уповноваженої працівниками особи з питань охорони праці (якщо професійна спілка на підприємстві не створювалася), а також страхового експерта з охорони праці.

За період простою з причин, передбачених частиною другою цієї статті, які виникли не з вини працівника, за ним зберігається середній заробіток.

Працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням, якщо роботодавець не виконує законодавства про охорону праці, не додержується умов колективного договору з цих питань. У цьому разі працівникові виплачується вихідна допомога в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячного заробітку.

Працівника, який за станом здоров'я відповідно до медичного висновку потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести за згодою працівника на таку роботу на термін, зазначений у медичному висновку, і у разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.

На час зупинення експлуатації підприємства, цеху, дільниці, окремого виробництва або устаткування органом державного нагляду за охороною праці чи службою охорони праці за працівником зберігаються місце роботи, а також середній заробіток.

Стаття 7. Право працівників на пільги і компенсації за важкі та шкідливі умови праці

Працівники, зайняті на роботах з важкими та шкідливими умовами праці, безоплатно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням,

| | | | | |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

молоком або рівноцінними харчовими продуктами, газованою солоною водою, мають право на оплачувані перерви санітарно-оздоровчого призначення, скорочення тривалості робочого часу, додаткову оплачувану відпустку, пільгову пенсію, оплату праці у підвищеному розмірі та інші пільги і компенсації, що надаються в порядку, визначеному законодавством.

У разі роз'їзного характеру роботи працівникові виплачується грошова компенсація на придбання лікувально-профілактичного харчування, молока або рівноцінних йому харчових продуктів на умовах, передбачених колективним договором.

Роботодавець може за свої кошти додатково встановлювати за колективним договором (угодою, трудовим договором) працівникові пільги і компенсації, не передбачені законодавством.

Протягом дії укладеного з працівником трудового договору роботодавець повинен, не пізніше як за 2 місяці, письмово інформувати працівника про зміни виробничих умов та розмірів пільг і компенсацій, з урахуванням тих, що надаються йому додатково.

Стаття 8. Забезпечення працівників спецодягом, іншими засобами індивідуального захисту, мийними та знешкоджувальними засобами

На роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, працівникам видаються безоплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджувальні засоби. Працівники, які залучаються до разових робіт, пов'язаних з ліквідацією наслідків аварій, стихійного лиха тощо, що не передбачені трудовим договором, повинні бути забезпечені зазначеними засобами.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити за свій рахунок придбання, комплектування, видачу та утримання засобів індивідуального захисту

Порядок трудового і професійного навчання неповнолітніх професій, пов'язаних з важкими роботами і роботами із шкідливими або небезпечними умовами праці, визначається положенням, яке затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони праці.

Вік, з якого допускається прийняття на роботу, тривалість робочого часу, відпусток та деякі інші умови праці неповнолітніх визначаються законом.

Розділ III

ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Стаття 13. Управління охороною праці та обов'язки роботодавця

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме:

створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання;

розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;

забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;

впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Пілпис | Дата |

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;

забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;

організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та за їх підсумками вживає заходів до усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства (далі - акти підприємства), та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами та актами підприємства з охорони праці;

здійснює контроль за додержанням працівником технологічних процесів, правил поведження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;

організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці;

вживає термінових заходів для допомоги потерпілим, залучає за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків.

положення, що затверджується Кабінетом Міністрів України за погодженням з всеукраїнськими об'єднаннями профспілок.

За підсумками розслідування нещасного випадку, професійного захворювання або аварії роботодавець складає акт за встановленою формою, один примірник якого він зобов'язаний видати потерпілому або іншій заінтересованій особі не пізніше трьох днів з моменту закінчення розслідування.

У разі відмови роботодавця скласти акт про нещасний випадок чи незгоди потерпілого з його змістом питання вирішуються посадовою особою органу державного нагляду за охороною праці, рішення якої є обов'язковим для роботодавця.

Рішення посадової особи органу державного нагляду за охороною праці може бути оскаржене у судовому порядку.

Розділ VI

ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

Стаття 31. Органи державного управління охороною праці

Державне управління охороною праці здійснюють:

Кабінет Міністрів України;

центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці;

міністерства та інші центральні органи виконавчої влади;

місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування.

Стаття 32. Компетенція Кабінету Міністрів України в галузі охорони праці

Кабінет Міністрів України:

забезпечує проведення державної політики в галузі охорони праці;

подає на затвердження Верховною Радою України загальнодержавну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

спрямовує і координує діяльність міністерств, інших центральних органів виконавчої влади щодо створення безпечних і здорових умов праці та нагляду за охороною праці;

встановлює єдину державну статистичну звітність з питань охорони праці.

Стаття 33. Повноваження міністерств та інших центральних органів виконавчої влади в галузі охорони праці

Міністерства та інші центральні органи виконавчої влади:

проводять єдину науково-технічну політику в галузі охорони праці;

розробляють і реалізують галузеві програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища за участю профспілок;

здійснюють методичне керівництво діяльністю підприємств галузі з охорони праці;

укладають з відповідними галузевими профспілками угоди з питань поліпшення умов і безпеки праці;

беруть участь в опрацюванні та перегляді нормативно-правових актів з охорони праці;

організують навчання і перевірку знань з питань охорони праці;

створюють у разі потреби аварійно-рятувальні служби, здійснюють керівництво їх діяльністю, забезпечують виконання інших вимог законодавства, що регулює відносини у сфері рятувальної справи;

здійснюють відомчий контроль за станом охорони праці на підприємствах галузі.

Для координації, вдосконалення роботи з охорони праці і контролю за цією роботою міністерства та інші центральні органи виконавчої влади створюють у межах граничної чисельності структурні підрозділи з охорони праці або покладають реалізацію повноважень з охорони праці на один з існуючих структурних підрозділів чи окремих посадових осіб відповідних органів.

Розділ VII

ДЕРЖАВНИЙ НАГЛЯД І ГРОМАДСЬКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

Стаття 38. Органи державного нагляду за охороною праці

Державний нагляд за додержанням законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці здійснюють:

центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці;

центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері ядерної та радіаційної безпеки;

центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику з питань нагляду та контролю за додержанням законодавства у сферах пожежної і техногенної безпеки;

центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення.

Органи державного нагляду за охороною праці не залежать від будь-яких господарських органів, суб'єктів підприємництва, об'єднань громадян, політичних формувань, місцевих державних адміністрацій і органів місцевого самоврядування, їм не підзвітні і не підконтрольні.

Діяльність органів державного нагляду за охороною праці регулюється цим Законом, законами України "Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку", "Про пожежну безпеку", "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", іншими нормативно-правовими

актами та положеннями про ці органи, що затверджуються Президентом України.

13 Економічний розділ

Система технічного обслуговування

Загальна характеристика системи. Необхідними умовами нормального перебігу виробничих процесів на підприємстві є: постійне підтримання в робочому стані машин та обладнання, інших засобів праці; своєчасне забезпечення робочих місць сировиною, матеріалами, інструментами, енергією; виконання транспортних операцій та інших супутніх робіт.

Усе це має здійснювати ефективно діюча система технічного обслуговування виробництва[10].

У межах системи технічного обслуговування виробництва виконуються такі функції:

- ремонт технологічного, енергетичного, транспортного та іншого устаткування, догляд за ним і налагоджування;
- забезпечення робочих місць інструментом і пристосуваннями як власного виробництва, так і придбаними (купленими) у спеціалізованих виробників;
- переміщення вантажів, виконання вантажно-розвантажувальних робіт;
- забезпечення підрозділів підприємства електричною й тепловою енергією, паром, газом, стиснутим повітрям тощо;
- своєчасне забезпечення виробничих цехів (дільниць, окремих виробництв) сировиною, основними та допоміжними матеріалами, паливом;

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

Інструментальний відділ займається постачанням інструментів і пристроїв, що виготовляються на спеціалізованих інструментальних заводах, а також проектуванням технологічної оснастки для власних потреб.

Інструментальний цех здійснює виготовлення, ремонт і відновлення спеціальної оснастки (інструменту) загального користування. Увесь придбаний, виготовлений і відремонтований (відновлений) інструмент надходить до центрального інструментального складу. Тут здійснюється його приймання, облік, зберігання та видача цехам (дільницям, виробництвам)-споживачам. Безпосереднє обслуговування робочих місць технологічною оснасткою забезпечують цехові інструментально-роздавальні комори. Вони одержують від центрального інструментального складу технологічну оснастку, зберігають її оборотний фонд, збирають і передають до центрального складу зношений інструмент.

Керівництво інструментальним господарством здійснює головний технолог підприємства, якому підпорядковано інструментальний відділ (бюро), інструментальний цех і центральний інструментальний склад. Цехові інструментально-роздавальні комори підпорядковано начальнику відповідного цеху.

Безпосередній процес управління інструментальним господарством передбачає: визначення потреби в інструменті; організацію власного виробництва оснастки; придбання необхідного інструменту в спеціалізованих виробників (продавців); організацію належної експлуатації інструменту виробничими підрозділами підприємства.

Розрахунки річної потреби в інструменті здійснюють, виходячи із запланованих обсягів виробництва продукції, номенклатури потрібної для цього оснастки і норм витрат інструменту. Норму витрат інструменту встановлюють залежно від типу виробництва. У масовому виробництві її розраховують на операцію, деталь або виріб. В одиничному та дрібносерійному виробництві норма витрати інструменту встановлюється в

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

узагальненому вигляді (наприклад, на 100 годин роботи того чи того виду технологічного устаткування).

Обсяги власного виробництва технологічної оснастки обумовлюються загальною річною потребою в інструменті та можливостями придбання певної його частини на ринку (розміщення замовлення на виготовлення інструменту на стороні). При цьому враховується, що потреба підприємства в інструменті частково покривається за рахунок його відновлення власними силами.

У комплекс робіт з експлуатації технологічної оснастки включаються: організація надходження, зберігання, видачі та обліку руху; організація заточування, ремонту та оновлення; нагляд за станом і дотриманням встановлених правил експлуатації.

Транспортне господарство.

Процес виготовлення продукції на підприємстві супроводжується переміщенням певної кількості різноманітних вантажів (сировини, матеріалів, палива, відходів виробництва, готової продукції), що потребує значних витрат на транспортне обслуговування виробництва, чітка організація якого забезпечує поєднання всіх елементів виробничого процесу.

Комплекс підрозділів, що займається вантажно-розвантажувальними роботами та переміщенням вантажів, утворює транспортне господарство. Його склад залежить від характеру продукції, типу та обсягів виробництва. На підприємствах з великими обсягами перевезень вантажів організуються спеціалізовані цехи залізничного, автомобільного та інших видів транспорту. На середніх і невеликих підприємствах створюється єдиний транспортний цех. У будь-якому разі транспортне господарство підприємства очолює начальник транспортно-технологічного відділу, до складу відділу здебільшого входять технічне бюро, бюро організації перевезень, диспетчерська служба, бюро тари.

Уся сукупність транспортних операцій на підприємстві здійснюється за допомогою трьох взаємозв'язаних видів транспорту. Зовнішній транспорт забезпечує зв'язок підприємства з приймальними пунктами транспорту

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

загального користування (залізничними станціями, водними та аеропортами), а також зі складами місцевих контрагентів. Міжцеховий транспорт використовується для перевезень вантажів на території підприємства (між цехами, службами, складами). Управління зовнішнім і міжцеховим транспортом покладається на начальника транспортного відділу чи начальника транспортного цеху, який відповідає і за стан транспорту і за технічне оснащення, так ремонт генератора киев здійснюється в межах окремого цеху. Він, у свою чергу, поділяється на загальноцеховий (перевезення вантажів між цеховими складами, дільницями, технологічними лініями) і міжопераційний (зв'язок між окремими робочими місцями). Управління ним здійснюють керівники відповідних цехів.

У процесі управління транспортним господарством визначаються потоки вантажів та обсяги перевезень вантажів, здійснюється вибір і встановлюється необхідна кількість транспортних засобів, складаються плани перевезень вантажів, виконується оперативне регулювання транспортного обслуговування виробництва.

В основу планування транспортного господарства беруть визначення вантажопотоків, тобто кількості вантажів (у тоннах, кубометрах, штуках), що переміщуються в заданому напрямку на певну відстань за конкретний проміжок часу. Розміри і маршрути окремих потоків вантажів розраховуються на базі виробничої програми підприємства, норм витрати матеріальних ресурсів і відстані перевезень. Сума всіх вантажопотоків, здійснюваних усіма видами транспорту, становить річний загальний обсяг перевезень вантажів.

Вибір видів транспортних засобів залежить від обсягів перевезень, габаритів і фізико-хімічних властивостей вантажів, відстані та напрямків їхнього переміщення. Розрахунки необхідної кількості транспортних засобів кожного виду здійснюються з урахуванням добового обсягу перевезень вантажів, вантажопідйомності транспортних засобів і кількості рейсів за добу.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

- енергоремонтне — технічне обслуговування, ремонт і модернізація різноманітного енергообладнання.

Керівництво енергетичним господарством за значних обсягів споживання енергії здійснює головний енергетик підприємства. Безпосереднє виконання функцій енергозабезпечення виробництва покладається на відділ головного енергетика, енергоцех і відповідні лабораторії. На невеликих підприємствах енергетичне господарство підпорядковується головному механіку.

В основу організації енергогосподарства покладаються розрахунки планового і звітного енергетичного балансів підприємства. Розробка планового енергетичного балансу здійснюється з метою: по-перше, визначення потреби в паливі та енергії з урахуванням допустимих втрат у внутрішніх мережах (витратна частина балансу); по-друге, обґрунтування способів забезпечення цих потреб за рахунок виробництва енергії власними генеруючими установками, проектування оптимальних режимів їхньої роботи, одержання енергії зі сторони, використання вторинних енергоресурсів (прибуткова частина балансу).

Звітний енергетичний баланс використовується для аналізу фактичного стану енергозабезпечення підприємства й контролю використання енергоресурсів. Він також служить вихідною базою для розробки стратегічних та оперативних заходів для об'єктивно необхідної економії паливно-енергетичних ресурсів.

Складське господарство

Умовою безперервного потоку виробничих процесів на підприємствах є створення певних запасів сировини, матеріалів, палив, комплектуючих, а також міжпредметних і внутрішньовиробничих запасів напівфабрикатів власного виробництва. Усі ці запаси зберігаються на різних складах підприємства, сукупність яких формує його складське господарство.

Перв. примен.

сортовим і означає розміщення матеріалів у набори, які випускаються у виробництво. Важливою функцією складського господарства є також підготовка матеріалів до виробничого використання, тобто комплектування, нарізування, розкрій тощо. Ці роботи виконують заготівельні відділення (дільниці) матеріальних складів підприємства.

Справ. №

Видача матеріалів зі складів здійснюється в межах, що розраховуються відділом постачання, виходячи з виробничої програми та відповідних витрат матеріальних ресурсів.

Облік руху матеріальних ресурсів ведеться за допомогою картотеки як на складах підприємств (кількісний та сортовий облік), так і в бухгалтерському обліку (кількісний та облік витрат). Номенклатурний номер матеріалу, його найменування, марка, сорт, одиниця виміру та ціна зазначаються в окремій картці, усі надходження та виплати матеріалу також фіксуються. Картотечний індекс обчислює залишки матеріалів, які порівнюються зі стандартами та лімітами зберігання.

Подпись и дата

Подпись и дата

| Зм. | Лист | № докум. | Піліпис | Дата |
|-----|------|----------|---------|------|
| | | | | |

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

107

перевірки потоку робочого колеса для збільшення К.К.Д. За допомогою програмного забезпечення, яке дозволяло моделювати поведінку рідини в колесі, або фізичним експериментом. Усі обчислення є приблизними та виконуються за допомогою емпіричних формул. Але все-таки предмет бакалаврської роботи можна вважати відкритим у повному обсязі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Насоси групи ГМС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nemrpump.com/o-gruppe-gms-2/>
2. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. – М. : Машиностроение, 1977. – 288 с.
3. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию «Проектирование центробежного рабочего колеса» по курсу «Расчет и проектирование насосов» для студентов специальностей 12.11 дневной и вечерней формы обучения/ сост. Н.К Ржебаева – Харьков: ХГУ, 1991. – 44.
4. Ржебаев Э.Е. Расчет и конструирование центробежных насосов: Учебное пособие. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2009. -220с.
5. Лопастные насосы: справочник /В.А. Зимницкий, А.В. Каплун, А.Н. Папир, В.А. Умов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986.
6. Дунаев П. Ф Конструирование узлов и деталей машин /П. Ф Дунаев , О. П. Леликов: учебное пособие для машиностроительных вузов. – М.: Высшая школа, 1985.
7. Иванов М. Н. Детали машин: учеб. для студентов вузов /под ред. В. А. Финогенова.– 6-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.
8. Биргер И. А. Расчет на прочность деталей машин / И. А. Биргер, Б. В. Шор. – М.: Машиностроение, 1979.
9. Закон України "Про охорону праці" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
10. Система технічного обслуговування [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://readbookz.net/book/1/77.html>

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Подпись и дата

11. Руденко П.О. Проективання технологічних процесів у машинобудуванні:
навч. посібник. – К.: Вища шк. 1993. – 414 с.

| Зм. | Лист | № докум. | Пілляс | Лата |
|-----|------|----------|--------|------|
|-----|------|----------|--------|------|

131.02 ВР.000.00 ПЗ

Лист

110