

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦЗДВН
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

ВИПУСКНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему «Розробка трьох гвинтового насоса на параметри: тиск 4853594 Па, число обертів 1500об/хв., витрати 0,003683 м³/сек.»

Зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» (Освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика»)

Виконавець роботи Шкробот Володимир Миколайович
прізвище,ім'я, по-батькові

Підпис, дата

Науковий керівник
к.т.н, доц.Ігнат'єв О.С

науковий ступінь, вчене звання
прізвище,ім'я, по-батькові

підпис,дата

Суми 2021 р.

Сумський державний університет
Факультет_ТеСЕТ_____

Кафедра_ПГМ_____

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою ПГМ
_____І.О.Ковальов
« ____ » _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ
на бакалаврську кваліфікаційну роботу студентіві
Шкроботу Володимиру Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка трьох гвинтового насоса

затверджена наказом по університету від" _____ р. № _____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: тиск 4853594 Па, число обертів 1500 об/хв,
витрати 0,003683 м³/сек .

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити): будова та принцип дії.

Гідрравлічні розрахунки: гвинтів,

патрубків, каналів, ущільнення, клапана, дроселя, тиска на обойму поршень.

Розрахунки на міцність: шпонки, корпусу, кришки, болтів, вала, підшипника

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): складальне креслення насоса;

деталювання гвинтів, корпусу, кришки, простави.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка:

- Сторінок 53
- рисунків 5
- таблиць 2
- літературні джерела 8

Тема роботи Розробка трьох гвинтового насосу

Графічні матеріали Складальне креслення насоса, деталювання.

Мета роботи: підтвердження працездатності насосу.

Відповідно до поставленої мети виконані розрахунки:

- розрахунок гвинтів трьох гвинтового насоса;
- профілювання гвинтів насосу;
- розрахунки ведучого гвинта;
- розрахунок переливного клапану;
- розрахунок підшипника;
- розрахунок корпусу;
- розрахунок кришки;
- розрахунок шпильки;

Ключові слова:

ведучий гвинт, ведений гвинт, профілювання, клапан, підшипник, пружина, корпус, кришка.

Принцип дії насоса: рідина поступає у насос крізь всмоктувальний патрубок Ж, заповнює западини гвинтової нарізки ведучого та ведених гвинтів. По мірі обертання гвинтів в западинах з'являються замкнуті камери наповнені рідиною, які рухаються вздовж гвинтів у бік напірної порожнини. По мірі руху камер, тиск в них збільшується, завдяки перетічкам рідини з напірної порожнини в бік всмоктувальної порожнини. На гвинт діють вісьові та радіальні зусилля. Радіальні зусилля з ведених гвинтів передаються на обойму. Припустимий тиск ведених гвинтів на обойму залежить від колової швидкості обертання ведених гвинтів та площі опорної поверхні. Якщо припустимий тиск більше питомого тиску, створеного радіальним зусиллям обойма та гвинти працюють як підшипники ковзання.

Розвантаження від вісьового зусилля здійснюється за допомогою поршнів на кінцях ведучого та ведених гвинтів. Для цього в гвинтах виконується канали певного діаметру. Крім поршнів на ведучому гвинті виконується утовщення, яке розвантажує, частково вісьове зусилля, служить підшипником ковзання та щільним ущільнення. Площа контакту утовщення з корпусом розраховується як для підшипника ковзання. Діаметр утовщення приймається рівним зовнішньому діаметру ведучого гвинта. Таким чином, знаючи розміри гвинтової нарізки, діаметр всмоктувального та напірних патрубків, діаметр та довжину вала та утовщення, діаметри та довжину поршнів, розраховується маса гвинтів. Знаючи площу поперечного перерізу гвинтів та витрати насоса розрахувати швидкість з якого гвинти будуть здвигатися у вісьосому напрямі при запуску насоса. Для того щоб загальмувати рух гвинтів та недати їм зштовхнутися з циліндрами, діаметр каналу підбирається з урахуванням тиску гальмування гвинтів, кількості рідини, яку потрібно проштовхнути крізь канал, швидкістю руху гвинтів, їх масою. Канал при цьому розглядається як діафрагма, яка має різке звуження та різке розширення. Втратами напіру по довжині каналу знехтуючи у зв'язку з розмірами каналу. Рідина, яка проходить крізь ущільнення

Ив. №подл.	Подп. и дата
Взам. инв.	Ив. №дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Ив. №подл.	Лис
Ив. №подл.	8

Ив. №подл.	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
------------	-----	----------	-------	-----

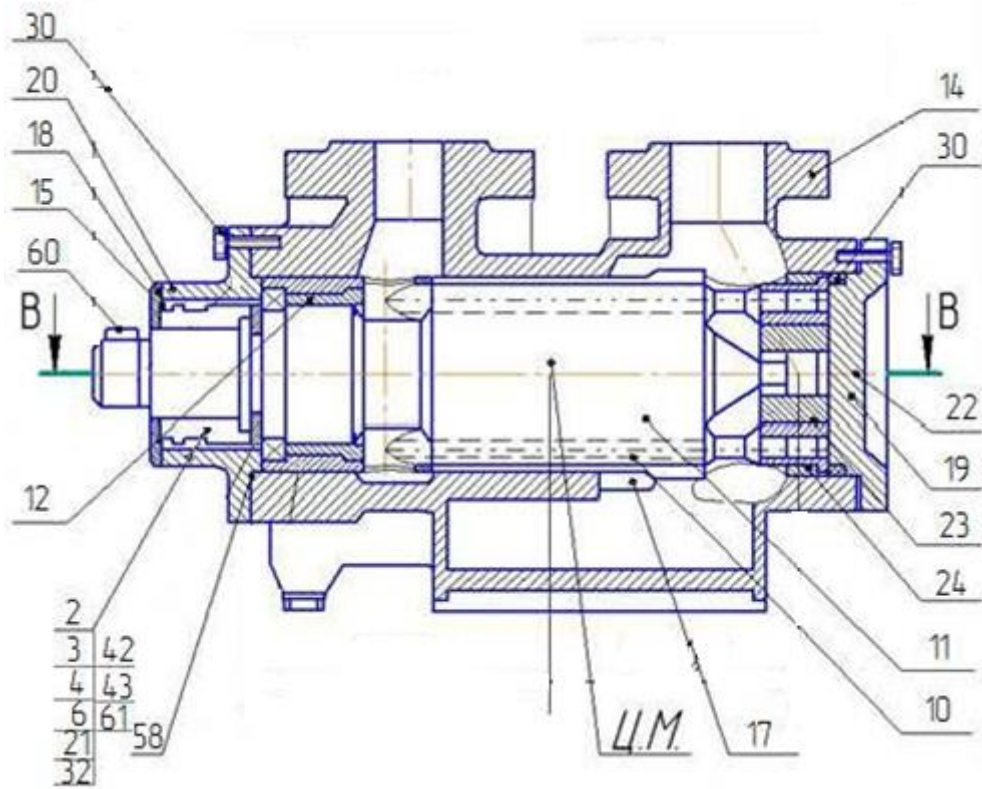


Рис.2 - Схема трьохгвинтового насоса

B-B

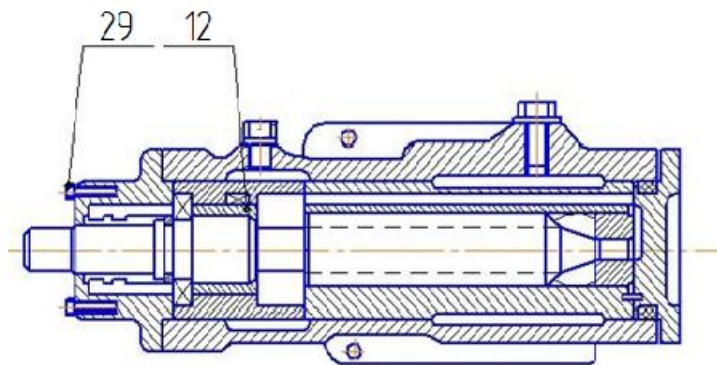


Рис.3 – Схема трьохгвинтового насоса

Ущільнення, представлене на рис. 2, складається з підп'ятника 2 зі штифтом 61, який заходить в паз кришки сальника, п'яти 3, втулки упорної 4, пружини 6, кільця упорного 21 і гумових ущільнених кілець 42, 43. Упорна

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

Изва	Лист	№ докум.	Подп.	Дат	Лист
					10

2. Гідравлічні розрахунки

2.1 Розрахунок гвинтів трьохгвинтового насоса

Для трьохгвинтового насоса з однобічним підведенням рідини зовнішній діаметр веденого гвинта визначається по формулі.

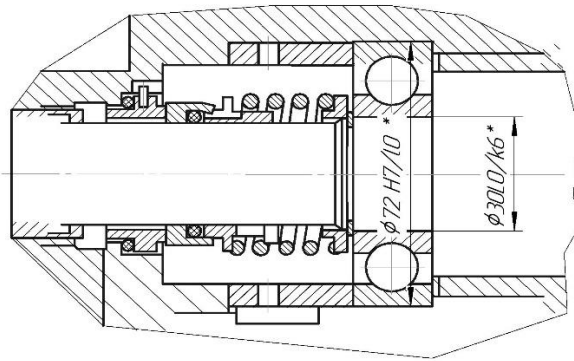


Рис.4-Торцеве утовщення.

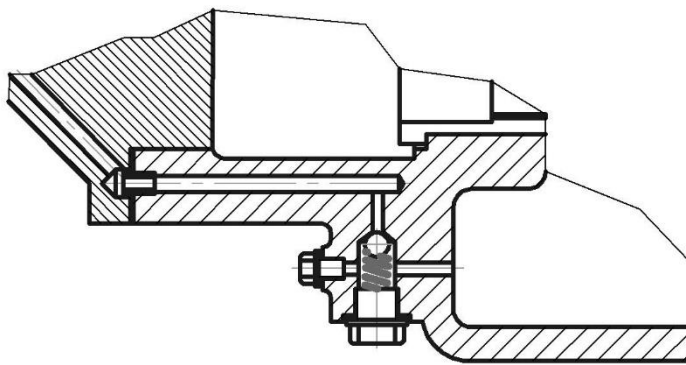


Рис.5- Переливний клапан.

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изва	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

$$d_{зв} = \sqrt[3]{\frac{Q_T * 60}{4,15 * n}}; \quad (1)$$

$$d_{зв} = \sqrt[3]{\frac{3,683 * 10^{-3} * 60}{4,15 * 1500}} = 33 \text{ мм};$$

де, Q_T – теоретичні витрати, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$Q_T = 3,683 * 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{с};$$

n_p – число обертів об/хв;

$$n_p = 1500 \text{ об/хв.}$$

$d_{зв}$ – зовнішній діаметр веденого гвинта, мм.

$$d_{зв} = 33 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр ведучого гвинта:

$$D_{зв} = \frac{5}{3} d_{зв}; \quad (2)$$

$$D_{зв} = \frac{5}{3} \cdot 33 = 55 \text{ мм.}$$

де, $D_{зв}$ – зовнішній діаметр ведучого гвинта, мм;

$d_{зв}$ – зовнішній діаметр веденого гвинта, мм;

Внутрішній діаметр нарізки веденого гвинта:

$$d_B = \frac{1}{3} d_{зв}, \quad (3)$$

$$d_B = \frac{1}{3} \cdot 33 = 11 \text{ мм.}$$

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инов. № дубл.
Подп. и дата	

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

де, d_B – внутрішній діаметр нарізки веденого гвинта, мм;

Крок гвинта:

$$t = \frac{10}{3} d_{3B}, \quad (4)$$

$$t = \frac{10}{3} \cdot 33 = 110 \text{ мм.}$$

де, t – крок гвинта, мм;

Довжина гвинта:

$$L = z \cdot t, \quad (5)$$

$$L = 2 \cdot 110 = 220 \text{ мм,}$$

де, L – довжина гвинта, мм;

z – кількість кроків;

$$z = 2;$$

Вісьова сила на ведучому гвинті:

$$P_1 = [2,529 \cdot d_{3B}^2 - 0,7854(d_1^2 + d_2^2)] \cdot p, \quad (6)$$

$$P_1 = [2,529 \cdot 33^2 - 0,7854(55^2 + 22^2)] \cdot 4,853594 = -8$$

де, P_1 – вісьова сила на ведучому гвинті, Н;

d_1 – діаметр більшого поршня;

$$d_1 = 55 \text{ мм;}$$

d_2 – діаметр меншого поршня;

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат

$$d_2 = 22 \text{ мм};$$

p – робочий тиск, Па;

$$p = 4044592;$$

Вісьова сила на веденому гвинті:

$$P_2 = (0,4193 \cdot d_{3В}^2 - 0,7854 \cdot d_3^2) \cdot p, \quad (7)$$

$$P_2 = (0,4193 \cdot 33^2 - 0,7854 \cdot 22^2) \cdot 4,85 \cdot 10^6 = 305 \text{ Н}$$

де, d_3 – діаметр поршня;

$$d_3 = 22 \text{ мм};$$

Сумарне вісьове зусилля:

$$P_{\text{вісь}} = P_1 + 2P_2 \quad (8)$$

$$P_{\text{вісь}} = -8 + 2 \cdot 305 = -602;$$

де, $P_{\text{вісь}}$ – сумарне вісьове зусилля, Па;

Опорна поверхня веденого гвинта:

$$f_{\text{о.п.}} = 1.326 \cdot z \cdot d_{3В}^2, \quad (9)$$

$$f_{\text{о.п.}} = 1.326 \cdot 2 \cdot 33^2 = 2,888 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

де, $f_{\text{о.п.}}$ – опорна поверхня веденого гвинта, м;

Радіальне зусилля:

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взаим. инв.	Инв. №дубл.	Подп. и дата						Лис
					Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат	15

$$P_R = 1,401 \cdot p \cdot d_{3B}^2 \quad (10)$$

$$P_R = 1,401 \cdot 4853594 \cdot 33^2 = 6171 \text{ Н}$$

де, P_R –радіальне зусилля, Н;

Середній питомий тиск на одну поверхню:

$$K_y = \frac{P_R}{f_{o.п.}} \quad (11)$$

$$K_y = \frac{6171}{2,88 * 10^{-3}} = 2142708 \text{ Па}$$

де, K_y –середній питомий тиск на одну поверхню, Па;

Обертальна швидкість веденого гвинта:

$$V = r_3 \frac{2\pi n}{60} \quad (12)$$

$$V = 1.65 * 10^{-3} \frac{2 * 3.14 * 1500}{60} = 3.1 \text{ м/с}$$

де, V – обертальна швидкість веденого гвинта, м/с;

r_3 – зовнішній радіус веденого гвинта;

$$r_3 = 1.65 * 10^{-3} \text{ мм};$$

Приймальний тиск для Бронзи Бр О \approx 10-1:

$$[p]^*v=10^7; \text{ Па} \quad (13)$$

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инва.№дубл.
Подп. и дата	

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

$$\Delta' = \frac{\Delta}{i} \quad (16)$$

$$\Delta' = \frac{11}{8} = 1,375 \text{ мм};$$

де, Δ' – крок розбивки глибини нарізки;

i – 8 кіл.

Визначення радіуса, точок ділення глибини нарізки:

$$R_1 = R_b + n \cdot \Delta', \quad (17)$$

$$R_0 = 16,5 + 0 \cdot 1,375 = 16,5$$

$$R_1 = 16,5 + 1 \cdot 1,375 = 17,88$$

$$R_2 = 16,5 + 2 \cdot 1,375 = 19,25$$

$$R_3 = 16,5 + 3 \cdot 1,375 = 20,63$$

$$R_4 = 16,5 + 4 \cdot 1,375 = 22,00$$

$$R_5 = 16,5 + 5 \cdot 1,375 = 23,38$$

$$R_6 = 16,5 + 6 \cdot 1,375 = 24,75$$

$$R_7 = 16,5 + 7 \cdot 1,375 = 26,13$$

$$R_8 = 16,5 + 8 \cdot 1,375 = 27,50$$

Визначаємо кути розташування точок профелю:

$$\gamma = \arccos \left(\frac{A^2 + R_1^2 - r_3^2}{2 \cdot R_1 \cdot A} \right), \quad (18)$$

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Подп. и дата
Инва. инв.	Подп. и дата

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

$$\gamma = \arccos\left(\frac{33^2 + 17,88^2 - 16,5^2}{2 \cdot 17,88 \cdot 33}\right) = 15,6^{\circ}$$

$$\gamma_2 = 20,85^{\circ},$$

$$\gamma_3 = 24,16^{\circ},$$

$$\gamma_4 = 26,26^{\circ},$$

$$\gamma_5 = 27,93^{\circ},$$

$$\gamma_6 = 28,96^{\circ},$$

$$\gamma_7 = 29,60^{\circ},$$

$$\gamma_8 = 29,90^{\circ}.$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{A^2 + r_3^2 - R1^2}{2 \cdot r_3 \cdot A}\right), \quad (19)$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{33^2 + 16,5^2 - 17,88^2}{2 \cdot 16,5 \cdot 33}\right) = 16,9^{\circ},$$

$$\alpha_2 = 24,5^{\circ},$$

$$\alpha_3 = 30,8^{\circ},$$

$$\alpha_4 = 36,3^{\circ},$$

$$\alpha_5 = 41,6^{\circ},$$

$$\alpha_6 = 46,6^{\circ},$$

$$\alpha_7 = 51,5^{\circ},$$

$$\alpha_8 = 56,3^{\circ},$$

$$\beta_1 = \alpha_1 - \gamma_1, \quad (20)$$

$$\beta_1 = 16,9^{\circ} - 15,6^{\circ} = 1,3^{\circ},$$

$$\beta_2 = 3,65^{\circ},$$

Инв. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инв. №дубл.
Подп. и дата	

ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

$$\beta_3 = 6,64^0,$$

$$\beta_4 = 10,04^0,$$

$$\beta_5 = 13,67^0,$$

$$\beta_6 = 17,64^0,$$

$$\beta_7 = 21,90^0,$$

$$\beta_8 = 26,40^0.$$

2.3 Розрахунки ведучого гвинта

Діаметр напірного патрубку:

$$d_H = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[V]_H}}; \quad (21)$$

$$d_H = \sqrt{\frac{4 * 3,683 * 10^{-3}}{3,14 * 1,35}} = 64 * 10^{-3} \text{ мм};$$

де, d_H – діаметр напірного патрубку, мм;

$[V]_H$ – допустима швидкість;

$$[V]_H = 1,35 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Діаметр всмоктувального патрубку:

$$d_{BC} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[V]_{BC}}}; \quad (22)$$

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

Изва	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 * 3,683 * 10^{-3}}{3,14 * 0,84}} = 82 * 10^{-3} \text{ мм};$$

де, $d_{\text{вс}}$ – діаметр всмоктувального патрубку;

$[V]_{\text{вс}}$ – допустима швидкість, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$;

$[V]_{\text{вс}} = 0,84$

Обертальний момент:

$$M = \frac{p * Q * 60}{\eta * 2\pi n}; \quad (23)$$

$$M = \frac{4,05 * 10^{-3} * 4,42 * 10^{-3} * 60}{0,75 * 2 * 3,14 * 1800} = 126,68 \text{ Н*м}$$

де, M - обертальний момент;

η – загальний ККД;

$\eta = 0,75$

Діаметр валу:

$$d_{\text{вал}} = \sqrt[3]{\frac{5M}{[\tau]}}; \quad (24)$$

$$d_{\text{вал}} = \sqrt[3]{\frac{5 * 126,68}{24 * 10^6}} = 29,77 * 10^{-3} \text{ м};$$

де, $d_{\text{вал}}$ – діаметр валу;

Довжина шпоночного пазу:

$$l_{\text{шп}} = \frac{4M}{[\sigma_{\text{зм}}] * d_{\text{вал}} * h_{\text{шп}}}; \quad (25)$$

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изва	Лис	№ докум.	Подп.	Дат	Лис
					21

$$l_{\text{шп}} = \frac{4 * 126,68}{75 * 10^6 * 29,77 * 10^{-3} * 4 * 10^{-3}} = 56,7 * 10^{-3} \text{ мм}$$

де, $h_{\text{шп}}$ – висота шпонки.

$$h_{\text{шп}} = 4 * 10^{-3}.$$

$[\sigma_{\text{зм}}]$ – допустиме напруження на зминання

$$[\sigma_{\text{зм}}] = 75 * 10^6 \text{ Па};$$

$l_{\text{шп}}$ – довжина шпоночного пазу;

Обертальна швидкість розвантажувального утовщення:

$$V_1 = \frac{d_1 * 2\pi n}{2 * 60}; \quad (26)$$

$$V = \frac{55 * 2 * 3.14 * 1500}{2 * 60} = 5,183 \text{ м/с}.$$

де, V_1 - обертальна швидкість розвантажувального утовщення;

Припустимий тиск бронзи Бр ОФ10-1:

$$P_{\text{прип2}} * V_1 = 10^7 \text{ Па} \quad (27)$$

$$P_{\text{прип2}} = \frac{10^7}{5,183} = 1929384 \text{ Па}$$

де, $P_{\text{прип2}}$ - припустимий тиск бронзи Бр ОФ10-1.

Площа контакту утовщення :

$$f_1 = \frac{R_r}{P_{\text{прип2}}}; \quad (28)$$

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв.	Ив. № дубл.
Подп. и дата	

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв.	Подп. и дата
ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат

$$f_1 = \frac{6171}{1929384} = 3 * 10^{-3} \text{ м}^2$$

де, f_1 – площа контакту утовщення

R_r – радіальне зусилля;

R_r – 6171

Довжина утовщення:

$$l_{ут} = \frac{2f_1}{\pi d_1} \quad (29)$$

$$l_{ут} = \frac{2 * 3 * 10^{-3}}{3,14 * 55} = 34 * 10^{-3} \text{ м}$$

де, $l_{ут}$ – довжина утовщення

Довжина ущільнення:

$$l_{уц} = l_{шп} = 56,7 * 10^{-3} \text{ м} \quad (30)$$

де, $l_{уц}$ – довжина ущільнення

$l_{шп}$ – довжина шпонки

Ширина підшипника, середній серії, діаметр $d_{вал} = 25$ мм:

$$\beta = 19,5 \text{ мм}$$

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

Изва	Лис	№ докум.	Подп.	Дат	Лис
					23

Об'єм вала діаметр 25 мм:

$$V_{25} = \frac{\pi \cdot d_{\text{вал}}^2}{4} (l_{\text{шп}} + l_{\text{ущ}} + \beta + d_{\text{н}} + d_{\text{вс}}) \quad (31)$$

$$V_{25} = \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} \cdot (0,0567 + 0,0567 + 0,0195 + 0,064 + 0,082) \\ = 0,00013684 \text{ м}^3$$

де, V_{25} – об'єм вала діаметр 25 мм;

Об'єм утовщення:

$$V_{55} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot l_1 \quad (32)$$

$$V_{55} = \frac{3,14 \cdot 55^2}{4} \cdot 34 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

де, V_{55} – об'єм утовщення

Об'єм різальної частини:

$$V_{\text{ГВ1}} = f_{\text{ГВ1}} \cdot L; \quad (33)$$

$$V_{\text{ГВ1}} = 2,58 \cdot 10^{-3} \cdot 220 = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

де, $V_{\text{ГВ1}}$ – об'єм різальної частини

$f_{\text{ГВ1}}$ – площа нарізної частини;

$$f_{\text{ГВ1}} = 2,58 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Підп. и дата
Инв. №дубл.
Взаим. инв.
Підп. и дата
Инв. №подл.

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат

Лис

24

Маса ведучого гвинта:

$$m_{ГВ1} = (V_{25} + V_{55} + V_{ГВ1})\rho_{ст} \quad (34)$$

$$m_{ГВ1} = (0,00013684 + 8 * 10^{-5} + 5,7 * 10^{-4})7,8 * 10^3 = 6,1 \text{ кг}$$

де, $m_{ГВ1}$ – маса ведучого гвинта;

$\rho_{ст}$ – щільність сталі;

$$\rho_{ст} = 7,8 * 10^3 \text{ кг/м}$$

Площа перерізу веденого гвинта:

$$f_{ГВ2} = 0,4193d_3^2 ; \quad (35)$$

$$f_{ГВ2} = 0,4193 * 33^2 = 4,566 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

де, $f_{ГВ2}$ – площа перерізу веденого гвинта;

Об'єм веденого гвинта:

$$V_{ГВ2} = f_{ГВ2} * L_{ГВ2} + \frac{\pi d_3^2}{4} * d_{вс} \quad (36)$$

$$V_{ГВ2} = 4,566 * 10^{-4} * 292,2 * 10^{-3} + \frac{3,14 * 33^2}{4} * 82 * 10^{-3}$$

$$= 2 * 10^{-4} \text{ м}^3$$

де, $V_{ГВ2}$ – об'єм веденого гвинта;

Маса веденого гвинта:

$$m_{ГВ2} = V_{ГВ2} * \rho_{ст}; \quad (37)$$

Подп. и дата
Инв. №дубл.
Взам. инв.
Подп. и дата
Инв. №подл.

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат

$$m_{ГВ2} = 2 * 10^{-4} * 7.8 * 10^3 = 1,56 \text{ кг}$$

де, $m_{ГВ2}$ – маса веденого гвинта

Площа гвинта:

$$F_{ГВ} = f_{ГВ1} + 2f_{ГВ2} \quad (38)$$

$$F_{ГВ} = 2,58 * 10^{-3} + 2 * 4,566 * 10^{-4} = 34,932 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

де, $F_{ГВ}$ – площа гвинта;

Швидкість гальмування:

$$V_{гал} = \frac{Q}{F_{ГВ}}; \quad (39)$$

$$V_{гал} = \frac{3,683 * 10^{-3}}{34,932 * 10^{-4}} = 1,265 \text{ м/с}$$

де, $V_{гал}$ – швидкість гальмування ;

Довжина шляха гальмування:

$$l_{гал} = 0,5d_3 \quad (40)$$

$$l_{гал} = 11 * 10^{-3}$$

де, $l_{гал}$ – довжина шляха гальмування;

Тиск гальмування ведучого гвинта:

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. № дубл.
Подп. и дата	

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

$$\Delta P_{\text{гал}} = \frac{m_{\text{гв1}} \frac{V_{\text{гал}}^2}{2}}{l_{\text{гал}} * \frac{\pi d_3^2}{4}} \quad (41)$$

$$\Delta P_{\text{гал}} = \frac{6,1 * \frac{1,265^2}{2}}{11 * 10^{-3} * \frac{3,14 * 0,022^2}{4}} = 1,168 * 10^6 \text{ Па}$$

де, $\Delta P_{\text{гал}}$ – тиск гальмування ведучого гвинта

$l_{\text{гал}}$ – довжина шляха гальмування

Діаметр отвору діафрагми ведучого гвинта:

$$d_{\text{діафр1}} = d_2 \sqrt{\frac{V_{\text{гал}}}{\mu \sqrt{\frac{2 \Delta P_{\text{гал1}}}{\rho}}}}; \quad (42)$$

$$d_{\text{діафр1}} = 22 \sqrt{\frac{1,265}{0,82 \sqrt{\frac{2 * 1,168 * 10^6}{1000}}}} = 3,93 * 10^{-3}$$

де, $d_{\text{діафр1}}$ – діаметр отвору діафрагми ведучого гвинта

μ – коефіцієнт витрат діафрагми

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{1,5}} = 0,82$$

ρ – щільність води;

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

Тиск гальмування веденого гвинта:

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

$$P_{\text{гал2}} = \frac{m_{\text{гв2}} \frac{V_{\text{гал}}^2}{2}}{l_{\text{гал}} \frac{\pi d_2^2}{4}}; \quad (43)$$

$$P_{\text{гал2}} = \frac{1,56 * \frac{1,265^2}{2}}{11 * 10^{-3} \frac{3,14 * 22^2}{4}} = 0,3 * 10^6 \text{ Па}$$

Діаметр діафрагми веденого гвинта:

$$d_{\text{діафр2}} = d_2 \sqrt{\frac{V_{\text{гал}}}{\mu \left(\frac{2 \Delta P_{\text{гал2}}}{\rho} \right)}}; \quad (44)$$

$$d_{\text{діафр2}} = 22 \sqrt{\frac{1,265}{0,82 \sqrt{\frac{2 * 0,3 * 10^6}{1000}}}} = 5,5 * 10^{-3}$$

де, $d_{\text{діафр2}}$ – діаметр діафрагми веденого гвинта;

2.4 Розрахунок переливного клапану

$D_{\text{під}}$ – діаметр підшипника;

$D_{\text{під}} = 36 \text{ мм};$

$d_{\text{під}}$ – діаметр отвору підшипника;

$d_{\text{під}} = 30 \text{ мм};$

$D_{\text{п'яти}}$ – діаметр п'яти;

$D_{\text{п'яти}} = 39 \text{ мм};$

$d_{\text{п'яти}}$ – діаметр отвору п'яти;

Підп. и дата
Инв. №дубл.
Взам. инв.
Підп. и дата
Инв. №подл.

ИЗ	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

$$[p] = \frac{10^7}{V_{\text{сер}}} \quad (48)$$

$$[p] = \frac{10^7}{3,1} = 3,2 * 10^6 \text{ Па}$$

де, $[p]$ – припустимий контактний тиск в ущільненні п'яти;

Тиск в порожнині ущільнення :

$$p' = [p] \frac{f_{\text{під}}}{f_{\text{п'ят}}} \quad (49)$$

$$p' = 3,2 * 10^6 \frac{310 * 10^{-6}}{578,5 * 10^{-6}} = 1,7 * 10^6 \text{ Па}$$

де, p' – тиск в порожнині ущільнення

Втрати:

$$\Delta Q = \frac{\pi d_1 \delta^3}{12 \mu * l_{\text{ут}}} (p - p'); \quad (50)$$

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \frac{3,14 * 55 * 10^{-3} (0,06 * 10^{-3})^3}{12 * 1 * 10^{-3} * 34 * 10^{-3}} (4,85 - 1,7) 10^6 \\ &= 155 * 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с} \end{aligned}$$

де, ΔQ – втрати;

δ – розмір зазора;

$$\delta = 0,06 * 10^{-3};$$

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості;

$$\mu = 1 * 10^{-3};$$

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. № дубл.
Подп. и дата	

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат	Лис
					30

Сила попередньої деформації пружини:

$$p_1 = \frac{\pi d_c^2}{4} * p'; \quad (55)$$

$$p_1 = \frac{3,14 * 0,00628^2}{4} * 1,7 * 10^6 = 52,6 \text{ Н}$$

де, p_1 – сила попередньої деформації пружини;

$$d_c = d_{\text{кан}};$$

Сила робоча деформації пружини:

$$p_2 = \frac{\pi d_{\text{кул}}^2}{4} * p'; \quad (56)$$

$$p_2 = \frac{3,14 * 0,011^2}{4} * 1,7 * 10^6 = 161,5 \text{ Н};$$

де, p_2 – сила робоча деформації пружини;

Сила максимальної деформації:

$$p_3 = \frac{p_2}{1 - \sigma_{\text{п}}}; \quad (57)$$

$$p_3 = \frac{161,5}{1 - 0,1} = 179,4 \text{ Н};$$

де, p_3 – сила максимальної деформації;

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

b_{Π} – розмір зазора;

$b_{\Pi} = 0,1$ мм;

Швидкість руху кінця пружини:

$$V_{\text{кул}} = V_{\text{кр}}; \quad (58)$$

$$V_{\text{кул}} = 1,76 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Жорсткість пружини:

$$z = \frac{p_2 - p_1}{h_{\text{кул}}} \quad (59)$$

$$z = \frac{161,5 - 52,6}{0,118 * 10^{-3}} = 922,88 * 10^3 \text{ Н/м}$$

де, z – жорсткість пружини;

Пружина №300, $d_{\text{пров}}=1,2$ мм, $D_{\text{пр}}=8$ мм, $z_1=65,95*10^3$ Н/м.

Робоче колесо витків:

$$n = \frac{z}{z_1}; \quad (60)$$

$$n = \frac{922,88 * 10^3}{65,95 * 10^3} = 14;$$

де, n – робоче колесо витків;

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

Товщина кришки:

$$\delta_{кр} = \left(\frac{3d_3}{2} + \delta_0 \right) \sqrt{\frac{0,75 * P}{[\sigma_p]}}; \quad (66)$$

$$\delta_{кр} = \left(\frac{3 * 33}{2} + 9,9 \right) \sqrt{\frac{0,75 * 4,85 * 10^6}{250 * 10^5}} = 21 * 10^{-3} \text{ мм};$$

де, $\delta_{кр}$ – товщина кришки;

Розрахунок шпильки:

Внутрішня сила тиску:

$$R_i = p * \pi \left(\frac{3d_3}{2} + \delta_0 \right)^2; \quad (67)$$

$$R_i = 4,85 * 10^6 * 3,14 * \left(\frac{3 * 33}{2} + 9,7 \right)^2 = 44569 \text{ Н};$$

де, R_i – внутрішня сила тиску;

Сила контакту в ущільненні:

$$R_d = p * k_y * \pi \left[\left(\frac{3d_3}{2} + \delta_{кр} \right)^2 - \left(\frac{3d_3}{2} + \delta_0 \right)^2 \right]; \quad (68)$$

$$R_d = 4,85 * 1,4 * 3,14 \left[\left(\frac{3 * 33}{2} + 21 \right)^2 - \left(\frac{3 * 33}{2} + 9,9 \right)^2 \right] = 25671,1 \text{ Н};$$

де, R_d – сила контакту в ущільненні;

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

Изва	Лис	№ докум.	Подп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

k_y – середній питомий тиск на опорну поверхню;

Сила затяжки:

$$R_k = R_i + R_d; \quad (69)$$

$$R_k = 44569 + 25671,1 = 70240,1\text{Н};$$

де, R_k – сила затяжки;

Площа шпильки

$$\sigma = \frac{R_k}{f_{\text{шп}} * z}; \quad (70)$$

$$f_{\text{шп}} = \frac{\pi d_{\text{шп}}^2}{4}; \quad (71)$$

$$f_{\text{шп}} = \frac{3,14 * 12^2}{4} = 113,04 \text{ м}^2;$$

$$\sigma = \frac{70240,1}{113,04 * 8} = 77,6\text{МПа};$$

77,6 < [σ] 86 МПа;

Умова виконується.

де, $d_{\text{шп}}$ – діаметр шпильки;

$$d_{\text{шп}} = 12 \text{ мм};$$

z – кількість шпильок;

$$z = 8 \text{ шт.}$$

4. Технические данные прототипа

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Лис
								38
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат				

1.1. Насос ПНС 3В 16-25 предназначен для перекачивания неагрессивных жидкостей без абразивных примесей, обладающих смазывающей способностью, с кинематической вязкостью от 1.0 до 60 Ст (0.1 до 60 см²/с) и температурой до 373 К (100°С).

Климатическое исполнение насоса – УХЛ4, категория размещения при эксплуатации – 3, ГОСТ 15150-69.

1.2. Условное обозначение типоразмера агрегата при заказе, переписке и другой документации соответствует ГОСТ 20883-88.

Пример записи обозначения:

«Насос ПНС 3В 16-25 »

Насос трехвинтовой с односторонним подводом жидкости, с подачей 13 л/с и давлением 2.5 МПа (25 кгс/см²).

1.3. Основные технические показатели и характеристики, габаритные размеры и конструктивные показатели должны соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица 1.

Наименование параметра	Значение
Подача, л/с (м ³ /ч) при вязкости 0.75см ² /с не менее	6.1 (22)
Давление насоса, МПа (кгс/см ²), не более	2.5 (25)
Вакуумметрическая высота всасывания при вязкости 0.75 Ст (0.75см ² /с), м, не более	5
Давление полного перепуска, МПа (кгс/см ²)	3.7 (37)
Мощность насоса, кВт при вязкости 0.75 Ст (0.75см ² /с) не более	20.5
Частота вращения, об/мин	2900
Направления вращения вала насоса, если смотреть со стороны привода	левое
Утечки через торцовое уплотнение, см ³ /мин, не более	0.2
Габаритные размеры, мм:	
длина	560
ширина	190
высота	305
Масса насоса, кг, не более	74

Подп. и дата

Инв. №дубл.

Взам. инв.

Подп. и дата

Инв. №подл.

Лис

39

Из Лис № докум. Подп. Дат

Описание и работа.

По принципу действия трехвинтовой насос - объемный.

1. Насос (рис. 1) состоит из следующих основных деталей и сборочных единиц : корпуса с крышками и торцового уплотнения.

Внутри корпуса 14 вставлена обойма 17 с тремя смежными цилиндрическими расточками, в которой расположены один ведущий винт 11 и два ведомых 10, служащих для уплотнения ведущего винта.

Профиль нарезки винтов специальный, обеспечивающий их взаимное сопряжение; нарезка двухзаходная, на ведущем винте - левая, на ведомых - правая.

По торцам корпус закрыт передней 20 и задней 19 крышками.

При вращении винтов во всасывающей полости насоса создается разрежение, в результате чего перекачиваемая жидкость поступает во впадины нарезки винтов, взаимозаменяющихся при их вращении. Замкнутый в нарезке винтов объем жидкости перемещается в объеме прямолинейно без перемешивания и вытесняется в нагнетательную полость.

Конструкция гидравлической части насоса предусматривает разгрузку винтов от осевых усилий путем подвода рабочего давления перекачиваемой жидкости через сверление в винтах под разгрузочные поршни, выполненные заодно целое с винтами.

Остаточные осевые усилия на ведущем винте воспринимаются подшипником 58, а на ведомых - втулками 24. На выходе ведущего винта, в полости передней крышки 20, установлено торцовое уплотнение.

Торцовое уплотнение (рис. 2) состоит из бронзового подпятника 1, с поводком 3, резинового кольца 2, стальной пяты 4, имеющей ус, который заходит в паз упорной втулки 6, резинового уплотняющего кольца 5, пружины 9, кольца 10.

Упорная втулка 6 (см. рис. 2) зафиксирована на ведущем винте винтом 8, который дает возможность перемещаться ей только в осевом направлении.

Для организованного отвода возможных утечек через торцовое уплотнение на крышке сальника 11 установлено штуцерное соединение 12 и сгонная втулка 7.

В корпусе насоса 14(рис. 1) смонтирован шариковый клапан, который обеспечивает подпор в полости торцового уплотнения от 0.1 до 0.3 МПа (от 1 до 3 кг/см²) относительно камеры всасывания.

Шариковый клапан состоит из шарика 57, пружины 7, специальной пробки 48, которая уплотняется прокладкой 50.

2. Подготовка к работе.

Подп. и дата
Инв. №дубл.
Взам. инв.
Подп. и дата
Инв. №подл.

										Лис
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат						41

Подготовку насоса к работе следует производить в следующей последовательности:

- осмотреть и расконсервировать насос;
- установить на фундаменте и закрепить;
- подсоединить подводящий и отводящий трубопроводы к насосу, а также трубопроводы к приборам и для слива утечек;
- испытать смонтированные системы на герметичность и прочность пробным давлением по ГОСТ 356-80;
- проверить после монтажа насоса центровку валов;
- проверить пробным пуском направление вращения и действие задвижек трубопроводов и приборов. Исходное положение задвижек перед пуском - открытое.

3.Порядок работы.

Пуск насоса произвести в следующей последовательности:

- заполнить подводящий трубопровод перекачиваемой жидкостью;
- заполнить насос перекачиваемой жидкостью, одновременно провернув несколько раз муфту по часовой стрелке (если смотреть со стороны привода);
- открыть полностью задвижки на входе и выходе из насоса;
- включить привод насоса и следить за показаниями манометра и мановакуумметра, за нагревом в области торцового уплотнения.

Остановку насоса произвести в следующей последовательности:

- выключить привод;
- закрыть задвижки на подводящем и отводящем трубопроводах.

Интв. №подл.	Подп. и дата
Взам. инв.	Интв. №дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Интв. №подл.	Подп. и дата	Интв. №дубл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Подп. и дата	Исх. №подл.	Подп. и дата	Лис
Исх. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Подп. и дата	Интв. №дубл.	Подп. и дата	Интв. №подл.	Подп. и дата	42

Сведения об утилизации.

После выработки полного срока службы, насос, если он не подлежит восстановлению, должен быть утилизирован.

В своем составе насос не содержит опасных и вредных материалов и полностью подлежит утилизации без разборки на составные части.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №дубл.	Подп. и дата	Лис

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Аналіз потенційних небезпек і шкідливих факторів в досліджуваній насосній установці.

Розглянута насосна установка включає в себе:

- насос;
- електродвигун;
- муфту для з'єднання вала електродвигуна з валом насоса.

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпек і шкідливих чинників.

У нашому випадку будуть мати місце механічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а хімічні, біологічні, психофізичні небезпечно-шкідливі фактори відсутні.

При роботі і обслуговуванні розглянутого насосного агрегату небезпечними і шкідливими виробничими чинниками за ГОСТ 12.0.003-74 можуть бути [7]:

- ураження електричним струмом;
- шум і вібрація, викликані працюючим агрегатом;
- рухливі елементи агрегату;
- мікроклімат;
- освітленість робочої зони;
- пожежна безпека;
- вплив високих температур.

Аналіз потенційних небезпечних факторів насосної установки

Електричний струм

Основними джерелами ураження електричним струмом при експлуатації та обслуговуванні агрегату є випадковий дотик до струмоведучих частин, що знаходяться в даний момент під напругою, який підводиться для живлення двигуна агрегату ($U = 380\text{В}$), несправності захисних засобів, за допомогою яких

Инов. №подл.	Подп. и дата	Инов. №дубл.	Взаим. инв.	Подп. и дата	Инов. №подл.	Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат	Лис
											45

відбувається контакт працівника з струмопровідними частинами; поява напруги на металевих частинах виробничого обладнання напругою. Останнє відбувається в результаті

пошкодження ізоляції струмопровідних частин електрообладнання при контакті металевого обладнання з приводом, що знаходиться під напругою. Джерело небезпеки може виникнути в результаті пошкодження ізоляції приєднувальних проводів, якщо під напругою виявляться металеві струмопровідні частини насоса.

Вимоги з електробезпеки регламентовані ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»[7]. Захисне заземлення та занулення повинно забезпечувати захист людей від ураження електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Захисного заземлення та занулення підлягають металеві частини насоса, електроустановок, доступні для дотику людини та інших видів захисту.

Металеві струмопровідні частини електродвигуна і електроустаткування заземлені відповідно до ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту». Захисне заземлення виконано навмисним електричним з'єднанням металевих частин електроустановок із землею або її еквівалентом. Струмопровідні частини надійно ізолювані. Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин агрегату, який проектується застосовуємо:

- ізоляцію струмоведучих частин;
- захисні відключення;
- засоби індивідуального захисту та запобіжні пристосування;
- захисне заземлення (при пошкодженні ізоляції);
- вирівнювання потенціалів;
- попереджувальну сигналізацію.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв.	Инов. № дубл.	Подп. и дата						Лис
										46
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат						

Мікроклімат

Для нормальних умов праці на ділянці повинна підтримуватися оптимальна температура повітря, його вологість і запиленість не залежно від пори року. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень"[7] для даного приміщення, в якому виконуються середні роботи по тяжкості, вологість

повітря повинна бути 40-60 %, а температура повітря в межах 18-20 ° С, швидкість руху повітря 0,15 м/с. Так як підтримання оптимальних кліматичних умов важче в літній період року, коли виділяється багато теплової енергії від сонця і обладнання, то для цього періоду року передбачена примусова вентиляція робочого приміщення, щоб забезпечити нормальні умови праці. Враховуючи, що забруднені рідини не є токсичними речовинами, вентиляція розрахована для надлишкового тепла і вологості. У холодний період року вентиляція відбувається за рахунок щілин у віконних і дверних прольотах. У цей період використовується система опалення, яка забезпечує відповідні умови мікроклімату в робочій зоні.

Освітленість робочої зони

Розрізняють два типи освітлення: природне і штучне.

Штучне освітлення підрозділяється залежно від призначення на робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне. Розрізняють такі системи штучного освітлення: загальне, місцеве і комбіноване. Згідно СНіП 23-05-95, монтажні, обслуговуючі та ремонтні роботи відносяться до IV розряду зорового навантаження, отже приміщення, де встановлені агрегати, передбачає використання загального освітлення з освітленістю 200 лк.

Забезпечення безпеки об'єкта в надзвичайних ситуаціях

Розглянемо можливі надзвичайні ситуації на насосній станції:

1. Підтоплення насосної станції. Небезпечним є електродвигун, який опинився в воді. Це приведе до короткого замикання і виходу з його ладу. У цьому випадку персонал станції керується правилами ДСТУ 3891-99 і

Инва. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. №дубл.
Подп. и дата	

										Лис
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат						50

зобов'язаний відключити електричне живлення насосного агрегату, щоб не сталося аварії.

2. Вибух. Вибух, який пошкодив насосну станцію призведе до розгерметизації трубопроводів, в наслідок чого, рідина з напірного трубопроводу піде назад, підтоплюючи приміщення. На напірному трубопроводі повинен бути передбачений зворотний клапан і засувка. Персоналу необхідно відключити електрику, перекрити трубопроводи і відкачати рідину.

3. При пожежі, яка виникла на підприємстві, персонал повинен знеструмити насос, ліквідувати пожежу. Якщо під час пожежі згоріли ущільнення і прокладки (розгерметизація насоса) провести ремонт із заміною робочих елементів.

4. У сейсмічно активних зонах насосний агрегат монтують на спеціальну подушку, яка поглинає вібраційні коливання. Землетрус може зашкодити як агрегату, так і підвідним і відвідним трубопроводам, призвести до розгерметизації ущільнень і витікання рідини. Необхідно знеструмити агрегат, перекрити засувки на трубопроводах.

Заходи для уникнення небезпек, викликаних позаштатними ситуаціями повинні бути вказані в інструкції з експлуатації:

- небезпеки внаслідок відмови і неправильного застосування захисних заходів;
- всі види захисних пристроїв;
- всі види інформаційних чи попереджувальних пристроїв;
- заходи на випадок аварії;
- необхідне обладнання для безпечного налагодження та підтримання їх у справності.

Для запобігання цих небезпек необхідно:

- пристрої, які відкриваються чи захисні пристрої, які знімаються, повинні бути конструктивно виконані так, щоб помилкова їх зміна місць не позначилась на заходах щодо зниження ризику;

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инва. № дубл.
Подп. и дата	

										Лис
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат						51

- демонтаж захисних пристроїв, призначених для зменшення небезпеки при дотику до насоса або частин агрегату, повинен виконуватися за допомогою інструменту;

- якщо з умов безпеки насосів необхідно встановити контрольно-вимірювальні прилади, або прилади сигналізації, то для них повинні бути передбачені місця приєднання;

- якщо необхідна аварійна зупинка за допомогою ручного втручання, то повинні бути передбачені заходи, що зберігають безпеці об'єкта експлуатації та насосного агрегату (перехід на резервний насос);

- якщо для монтажу та експлуатації потрібен спеціальний інструмент, то він повинен регламентуватися виробником і пропонуватися до постачання.

Контроль по попередженню таких небезпек повинен здійснюватися згідно з інструкціями з експлуатації виробника або споживача.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №дубл.	Подп. и дата					
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дат					
					Лис				
					52				

Література

1. Чиняев И.А. Роторные насосы (справочное пособие) -М.:

Машиностроение, 1964, 216с.

2. Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для студентов высш. техн. учеб.

заведений.-5е изд., перераб.-М.: Высш.шк., 1991.-383с.

3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.1-4е изд.,

перераб. и доп.- М.: Машиностроение 1980. -576с.

4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.2-4е изд.,

перераб. и доп.- М.: Машиностроение 1979. -559с.

5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.3-4е изд.,

перераб. и доп.- М.: Машиностроение 1980. -557с.

6. Чугаев Р.Р. Гидравлика(Учебник для вузов)-Л.: Энергия, 1975.-600с.

7. Пістун І.П. Охорона праці в галузі машинобудування (Електронний

ресурс) : Навчальний посібник / І.П.Пістун, Р.Є.Стець, І.О.Трунова.-

Суми: Університетська книга, 2012.-556 с.

8. Насос ПНС 3В 16-25. Паспорт

Инд. №подл.		Подп. и дата		Взам. инв.		Инд. №дубл.		Подп. и дата	
Изд	Лист	№ докум.	Подп.	Дат					
					Лист				
					53				