

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет



МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ГІДРОМАШИН І ГІДРОПНЕВМОПРИВОДІВ

Навчальний посібник

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету



Суми
Сумський державний університет
2015

УДК 621.22(075.8)

ББК 31.76я7

М77

Авторський колектив:

В. О. Панченко, асистент;

О. Г. Гусак, кандидат технічних наук, доцент;

А. А. Папченко, кандидат технічних наук, доцент;

С. О. Хованський, кандидат технічних наук, доцент

Рецензенти:

П. М. Андренко – доктор технічних наук, професор, професор кафедри гідропневмоавтоматики і гідроприводу Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

В. І. Склябінський – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв Сумського державного університету

Рекомендовано до видання вченою радою

Сумського державного університету як навчальний посібник

(протокол № 11 від 11 червня 2015 року)

Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. Г. Гусак, А. А. Папченко, С. О. Хованський. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 151 с.

ISBN 978-966-657-574-9

У посібнику розглянуті питання, що виникають під час експлуатації насосних установок та гідравлічних і пневматичних приводів. Зазначені можливі несправності, що можуть бути виявлені під час випробування насосів, їх причини та способи усунення, а також заходи з покращання експлуатації насосів і насосних установок. Наведені дані стосовно матеріалів, пристроїв та обладнання, що використовуються у процесі монтажу та експлуатації насосів.

Для студентів вищих навчальних закладів освіти III–IV рівнів акредитації напрямів підготовки «Інженерна механіка», «Енергомашинобудування», «Енергетика».

УДК 621.22(075.8)

ББК 31.76я7

© Панченко В. О., Гусак О. Г.,

Папченко А. А., Хованський С. О., 2015

ISBN 978-966-657-574-9

© Сумський державний університет, 2015

Навчальне видання

**Панченко Віталій Олександрович,
Гусак Олександр Григорович,
Папченко Андрій Анатолійович,
Хованський Сергій Олександрович**

МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ГІДРОМАШИН І ГІДРОПНЕВМОПРИВОДІВ

Навчальний посібник

Художнє оформлення обкладинки В. О. Панченка
Редактори: Н. А. Гавриленко, Н. В. Лисогуб
Комп'ютерне верстання В. О. Панченка

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 8,84. Обл.-вид. арк. 8,61. Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 3062 від 17.12.2007.

Зміст

	С.
Вступ	6
1 Насосні установки	8
1.1 Насосна установка та її обладнання.....	8
1.2 Характеристика насосної установки.....	10
1.3 Схеми заливання насоса.....	14
Контрольні питання та задачі	18
2 Монтаж насосних установок	22
2.1 Технічна документація.....	22
2.2 Приймання насосної станції до монтажу	23
2.3 Основні матеріали та деталі трубопроводів.....	26
2.4 Допоміжні матеріали	30
2.5 Підготовка насосного обладнання до монтажу	32
2.6 Монтаж насосних агрегатів	34
2.7 Центрування валів насоса та двигуна.....	38
2.8 Монтаж трубопроводів насосної установки	41
2.9 Монтаж арматури та контрольно-вимірювальних приладів	46
2.10 Випробування та промивання трубопроводів.....	54
2.11 Механізми та пристрої, що застосовуються для монтажних робіт	55
2.12 Пробний пуск та випробування насосної установки	59
2.13 Здавання насосної установки в експлуатацію.....	61
2.14 Основні правила техніки безпеки під час монтажу насосних установок	62
Контрольні питання.....	67
3 Експлуатація насосних установок.....	68

3.1 Організація експлуатаційної служби	68
3.2 Змашування підшипників насосного агрегата	72
3.3 Догляд за ущільненнями насоса	73
3.4 Боротьба з шумом та вібрацією насосного агрегата	75
3.5 Техніка безпеки під час експлуатації насосних установок...	77
3.6 Експлуатація трубопроводів	79
3.7 Зношування обладнання насосних станцій	80
Контрольні питання	83
4 Ремонт насосів	84
4.1 Організація ремонтної служби	84
4.2 Розбирання насосів та контрольна перевірка деталей	86
4.3 Ремонт та відновлення деталей	87
4.4 Балансування робочих коліс	89
4.5 Складання насосів	93
4.6 Ремонт і випробування арматури	94
4.7 Структурні схеми ремонтних циклів	98
Контрольні питання та задачі	101
5 Експлуатація приводів	107
5.1 Технічне обслуговування гідроприводів	107
5.2 Технічне обслуговування робочих рідин	111
5.3 Основні причини несправностей агрегатів гідроприводів	114
5.4 Складання гідроприводів	116
5.5 Ремонт пневматичних приводів	118
Контрольні питання	119
6 Особливості експлуатації насосного обладнання	120
6.1 Насоси для гідросумішей	120

6.2 Експлуатація хімічних відцентрових насосів	125
Контрольні питання.....	131
7 Життєвий цикл насосного обладнання.....	132
Контрольні питання.....	140
Список літератури	141
Додаток А	144
Додаток Б.....	145
Додаток В	146
Додаток Г.....	147
Додаток Д	150

Вступ

Зміст навчального посібника відповідає програмі підготовки студентів спеціальності «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика», проте посібник може бути корисним для студентів суміжних спеціальностей професійних напрямів «Енергомашинобудування», «Енергетика», «Механіка».

Метою цього посібника є надання допомоги у розумінні завдань, що ставляться перед інженером під час виконання робіт, пов'язаних із монтажем, експлуатацією та ремонтом насосного та допоміжного обладнання, і способів та методів їх успішного вирішення.

Посібник складається із вступу, шести розділів, списку використаної літератури та додатків.

У розділі 1 подано принципову схему насосної установки, види її характеристик та наведено рекомендації із заливання насоса перед його пуском.

У розділі 2 розглянуті питання з монтажу насосного і допоміжного обладнання, трубопроводів та арматури, описані матеріали, що використовуються під час монтажу, наведені правила з техніки безпеки під час виконання монтажних робіт.

У розділі 3 подані питання з організації експлуатації насосного обладнання, боротьби з негативними процесами, що виникають під час роботи насосів, контролю за робочим станом та справністю обладнання, техніки безпеки, причин та наслідків зношування деталей насосів.

У розділі 4 розглянуті питання з організації та проведення ремонтних робіт, відновлення деталей, складання та випробування насосного і допоміжного обладнання, визначення кількості ремонтних деталей упродовж життєвого циклу насоса.

У розділі 5 наведені відомості з експлуатації та технічного обслуговування гідро- та пневмоприводів.

У розділі 6 розглянуті питання з експлуатації деякого специфічного насосного обладнання.

Наприкінці кожного розділу подані питання для самоперевірки і задачі.

Необхідно зазначити, що у даному навчальному посібнику не розглядаються питання з проектування гідромашин та гідропневмоприводів, оскільки це є завданням інших навчальних дисциплін.

1 Насосні установки

1.1 Насосна установка та її обладнання

Насосна установка (рис. 1.1) складається з насосного агрегата та комплектуючого обладнання, змонтованого за визначеною схемою, що забезпечує роботу насоса. До складу насосного агрегата входять насос і двигун, установлені на загальній рамі або плиті. Крутний момент від двигуна до насоса передається за допомогою муфти. Всмоктувальний та напірний трубопроводи обладнуються запірною, запобіжно-регулювальною арматурою та контрольно-вимірювальними приладами, що забезпечують роботу насосної установки в заданому режимі.

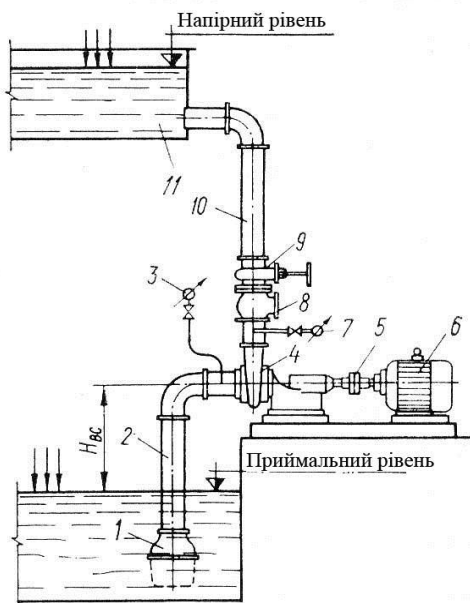


Рисунок 1.1 – Схема насосної установки:

- 1 – приймальний клапан; 2 – всмоктувальний трубопровід;
 3 – вакуумметр; 4 – насос; 5 – муфта; 6 – електродвигун;
 7 – манометр; 8 – зворотний клапан; 9 – засувка; 10 – напірний
 трубопровід; 11 – приймальний резервуар

Діаметри трубопроводів, тип та кількість арматури і приладів залежать від призначення насосної установки, її потужності, умов роботи та інших факторів. Приймальний клапан із сіткою призначений для утримування води у всмоктувальному трубопроводі під час заливання насоса перед пуском. Засувка на всмоктувальному трубопроводі служить для його перекриття. Встановлюють її у тих випадках, коли насос знаходиться під заливом або у всмоктувальному трубопроводі є надлишковий тиск. Кран для випускання повітря з насоса встановлюють у верхній частині корпусу. З його допомогою також перевіряють щільність закриття засувок на всмоктувальному та нагнітальному трубопроводах перед розбиранням насоса. Зворотний клапан служить для попередження зворотного руху води під час паралельної роботи насосів. Наявність такого клапана на насосі дозволяє тримати засувки резервного насоса відкритими та запускати його негайно у разі вимкнення працюючого насоса. Засувка на напірному трубопроводі призначена для вимикання насоса та регулювання його подачі. Вакууметром визначають розрідження у всмоктувальному, манометром – тиск у нагнітальному трубопроводах. Крім перелічених приладів, можуть встановлюватися ще запобіжний клапан, регулятор витрати або тиску тощо. Необхідність та доцільність їх встановлення визначають у кожному конкретному випадку.

1.2 Характеристика насосної установки

Нормативна документація встановлює такі характеристики насоса (агрегата):

- напірна;
- енергетична;
- кавітаційна;
- вібраційна;
- шумова;
- самовсмоктування;
- механічні;
- термічні;
- електричні.

Робочими характеристиками лопатевих насосів називають залежності напору, потужності та к. к. д. від подачі при постійній частоті обертання і температурі робочої рідини (рис. 1.2). Напірна характеристика – залежність напору від подачі, енергетична – залежність потужності та к. к. д. від подачі насоса.

На характеристиці виділяють режими: оптимальний (режим роботи насоса при найвищому значенні к. к. д.); номінальний – режим, що забезпечує задані технічні параметри насоса.

Робоча частина характеристики – зона характеристики насоса, в межах якої допускається його експлуатація.

Для осьових насосів широко використовуються характеристики у безрозмірних координатах $K_H - K_Q$. Найбільш повно визначають експлуатаційні якості осьового насоса універсальні характеристики, отримані нанесенням на загальний графік напірних характеристик при різній частоті обертання або різних кутах установлення лопатей робочого колеса та кривих рівного значення к. к. д. (рис. 1.3). Універсальна характеристика може бути побудована як у розмірному, так і в безрозмірному вигляді.

Всмоктувальна здатність лопатевого насоса оцінюється кавітаційними характеристиками, які отримують із часткових

кавітаційних характеристик. Останні є графічними залежностями основних параметрів (напір та потужність) від кавітаційного запасу при постійних значеннях частоти обертання і подачі (рис. 1.4).

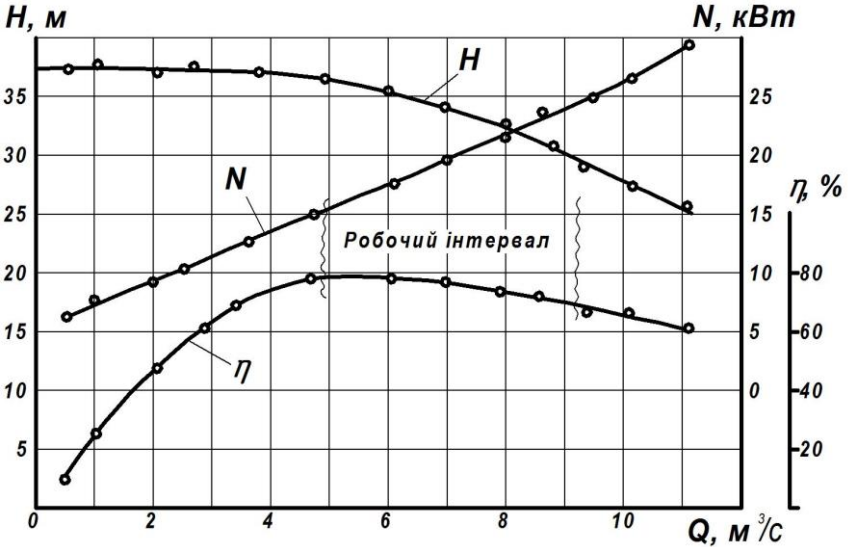


Рисунок 1.2 – Характеристика відцентрового насоса

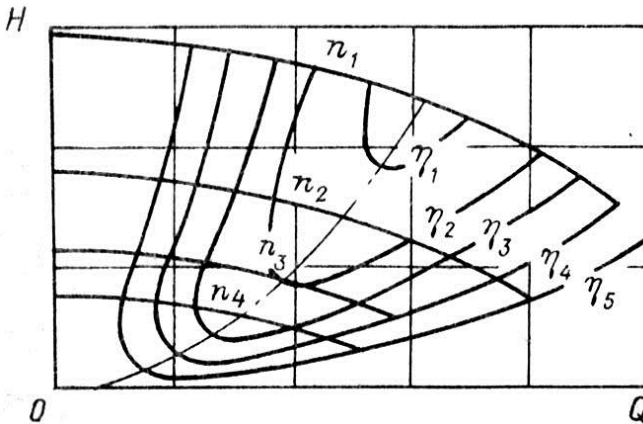


Рисунок 1.3 – Універсальна характеристика осьового насоса

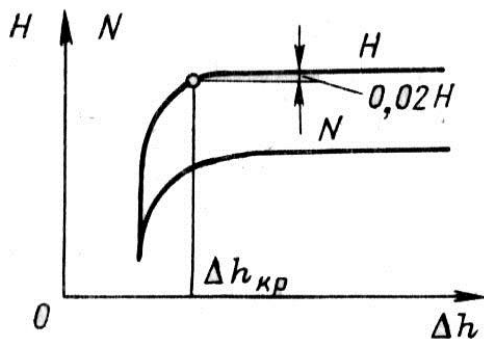


Рисунок 1.4 – Часткова кавітаційна характеристика лопатевого насоса

Вібраційні якості насосів характеризуються віброшумовими характеристиками (рис. 1.5), що є залежностями рівня повітряного звуку від частоти (в октавах) у діапазоні частот від 63 до 8000 Гц та вібрації характерних точок опорних вузлів або корпусу від частоти (в 1/3 октавах). Вібрація вимірюється у децибелах за ефективним (середньоквадратичним) значенням коливального прискорення.



Рисунок 1.5 – Віброшумова характеристика лопатевого насоса:
1 – спектр вібрації; 2 – спектр шуму

Характеристики насосів під час роботи на воді відрізняються від характеристик, отриманих при перекачуванні рідин, що мають відмінні від води густину та в'язкість, а також

містять тверді частинки. Такі характеристики визначаються шляхом перерахунку з характеристик на чистій воді за відомими методиками.

1.3 Схеми заливання насоса

Усі насосні установки за способом їх включення в роботу можна поділити на три основні групи: з насосами, що знаходяться під заливом; із самовсмоктувальними насосами; з насосами, що потребують заливання перед пуском.

Перед пуском як відцентрових, так і осьових насосів їх корпус, робоче колесо і всмоктувальний трубопровід повинні бути заповнені водою.

Для підвищення надійності роботи насосів на насосних станціях і полегшення автоматизації відцентрові насоси, як правило, а осьові насоси обов'язково необхідно встановлювати з підпором при найнижчому рівні води у приймальному резервуарі. Перед пуском насоса досить відкрити засувку на всмоктувальній лінії насоса і кран для випускання повітря, встановлений у верхній точці корпусу насоса. У тих випадках, коли відцентрові насоси з тих чи інших причин установлені вище від рівня води у приймальному резервуарі, на насосних станціях повинна бути передбачена спеціальна система для заливання.

Заливання від напірного трубопроводу (рис. 1.6) застосовується за умови, коли напірний трубопровід постійно знаходиться під тиском, і за наявності обвідної труби, що з'єднує напірний трубопровід із корпусом насоса, та приймального клапана на всмоктувальному трубопроводі. На

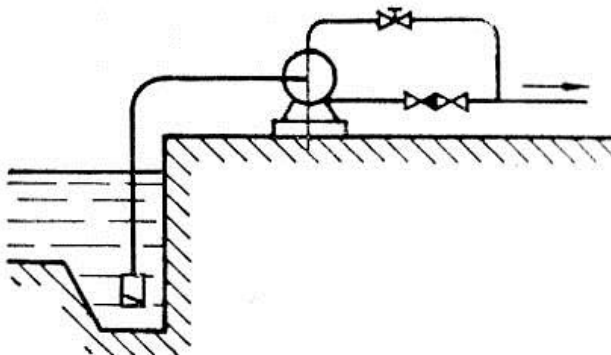


Рисунок 1.6 – Заливання від напірного трубопроводу

обвідній трубі відкривається зливний вентиль, і в насос та всмоктувальний трубопровід подається рідина під тиском до того часу, поки вона не з'явиться у повітряному крані. Витокам рідини запобігає приймальний клапан.

Заливання із застосуванням струминного насоса (інжектора) (рис. 1.7). Струминний насос, що працює від напірного трубопроводу або від автономного джерела, приєднується до верхньої частини корпусу основного насоса. Вода, пара або стиснене повітря надходять із великою швидкістю до сопла, захоплюючи із собою повітря з насоса, у результаті чого створюється розрідження, і насос через всмоктувальний трубопровід заповнюється водою. Перед пуском струминного насоса засувка на напірному трубопроводі основного насоса повинна бути щільно зачиненою. Коли струминний насос почне викидати перекачувану рідину, можна вмикати основний насос.

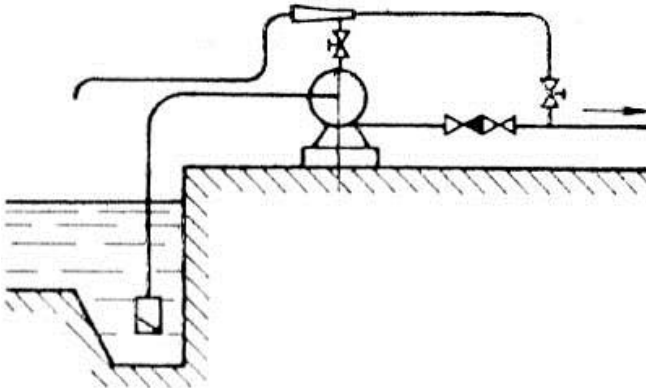


Рисунок 1.7 – Заливання за допомогою інжектора

Схема автоматичного заливання від бачка (рис. 1.8) застосовується у випадках, коли в напірному трубопроводі немає постійного надлишкового тиску. Під час роботи насоса бачок наповнюється водою від напірного трубопроводу через ковпачковий клапан. При зупинці насоса рідина з бачка надходить у насос. Для першого запуску необхідно мати джерело води.

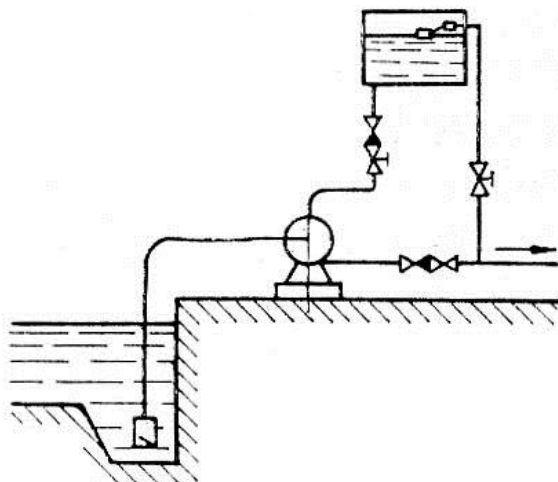


Рисунок 1.8 – Заливання від бачка

Схема заливання за допомогою вакуум-насоса (рис. 1.9) застосовується на великих автоматизованих насосних станціях, обладнаних потужними насосами. Для роботи вакуум-насоса потрібен запас чистої води. Розрідження, необхідне для заповнення водою насоса та всмоктувальної лінії, створюється вакуум-насосом, приєднаним до корпусу основного насоса через циркуляційний контрольний бачок. При заливанні насосів, які перекачують забруднені рідини, необхідно мати пристрої, що запобігали б потраплянню бруду у вакуум-насос. Вакуум-насоси можуть бути рекомендовані під час роботи на абсолютно чистій

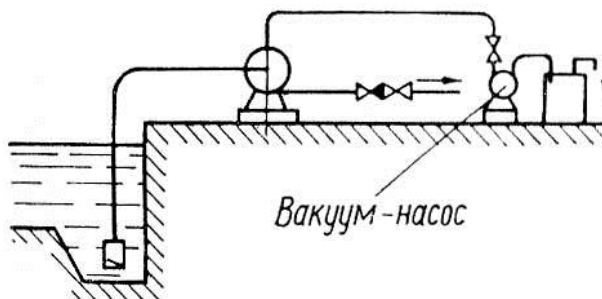


Рисунок 1.9 – Заливання за допомогою вакуум-насоса

воді. При забрудненій воді необхідно використовувати струминні насоси.

Заливання за допомогою допоміжного насоса (рис. 1.10) малої потужності застосовується за відсутності води під надлишковим тиском. Схема може бути автоматизованою.

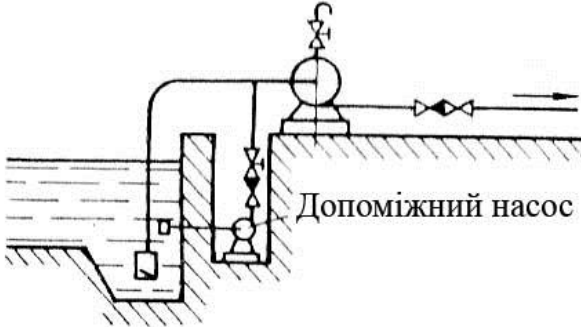


Рисунок 1.10 – Заливання за допомогою допоміжного насоса

Контрольні питання та задачі

- 1 Які елементи є обов'язковими у складі насосної установки?
- 2 Які існують види характеристик насоса?
- 3 Дати визначення терміна «напірна характеристика насоса».
- 4 Дати визначення терміна «енергетична характеристика насоса».
- 5 Що таке робочий інтервал на характеристиці насоса?
- 6 Для чого перед пуском насоса необхідно виконувати заливання його рідиною?
- 7 Назвати переваги та недоліки у схемах заливання насосного обладнання.

Задача

Побудувати характеристику насоса на в'язкій рідині ($\nu = 175 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; $\rho = 920 \text{ кг/м}^3$), якщо відома його характеристика на чистій воді (рис. 1.11).

Для визначення показників насоса при перекачуванні в'язкої рідини, коли є відомими відповідні показники при перекачуванні води, застосовують такі вирази:

$$\begin{aligned} Q_{vis} &= C_Q \cdot Q_W, \\ H_{vis} &= C_H \cdot H_W, \\ \eta_{vis} &= C_\eta \cdot \eta_W, \\ P_{vis} &= \frac{Q_{vis} \cdot H_{vis} \cdot \rho \cdot g}{\eta_{vis}}, \end{aligned}$$

де C_Q , C_H , C_η – коефіцієнти перерахунку, що визначаються за номограмою, наведеною у додатку А, виходячи з характеристик, отриманих при випробуваннях на воді.

Таблиця 1.1 – Прийняті позначення

Позначення (символ)	Пояснення
Q_{vis}	Подача при перекачуванні в'язкої рідини
H_{vis}	Напір при перекачуванні в'язкої рідини
η_{vis}	ККД насоса при перекачуванні в'язкої рідини
P_{vis}	Споживана потужність насоса при перекачуванні в'язкої рідини
Q_w	Подача насоса при перекачуванні води
H_w	Напір насоса при перекачуванні води
η_w	ККД насоса при перекачуванні води
ρ	Густина рідини
C_Q	Коефіцієнт коригування подачі
C_H	Коефіцієнт коригування напору
C_η	Коефіцієнт коригування ККД
$Q_{w(опт)}$	Подача, що відповідає режиму максимального ККД згідно з характеристикою на воді

З характеристики насоса на чистій воді (див. рис. 1.11) знаходимо: $Q_{w(опт)} = 215 \text{ м}^3/\text{год} = 0,0597 \text{ м}^3/\text{с}$, $H_{w(опт)} = 53,3 \text{ м}$.

На нижній шкалі номограми (подача) знаходимо значення, що відповідає оптимальній подачі, від нього підіймаємося вгору до значення напору у режимі оптимальної подачі, далі рухаємося горизонтально (вліво або вправо) до значення необхідної в'язкості, а потім знову вгору до перетину з кривими коригувальних коефіцієнтів, як це показано червоним пунктиром на рис. 1.12. Точки перетину пунктирної лінії із зазначеними залежностями визначають значення коефіцієнтів для всіх чотирьох режимів за подачею: $C_H(0,6) = 0,9816$;

$C_H(0,8) = 0,9604$; $C_H(1,0) = 0,9426$; $C_H(1,2) = 0,9166$; $C_Q = 0,9661$;
 $C_\eta = 0,7$.

Результати розрахунків зводимо у таблицю.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків

Режим	Q_W , м ³ /ГОД	H_W , м	η_W , %	Q_{vis} , м ³ /ГОД	H_{vis} , м	η_{vis} , %	P_{vis} , кВт
0,6 $Q_{W(OIT)}$	129	59	65	125	57,9	45,5	39,9
0,8 $Q_{W(OIT)}$	172	56,6	71	166	54,5	49,7	45,6
1,0 $Q_{W(OIT)}$	215	53,3	72,5	208	50,2	50,8	51,5
1,2 $Q_{W(OIT)}$	258	48,2	71	249	44,2	49,7	55,5

За результатами розрахунків будемо криві на характеристиці насоса (див. рис. 1.11).

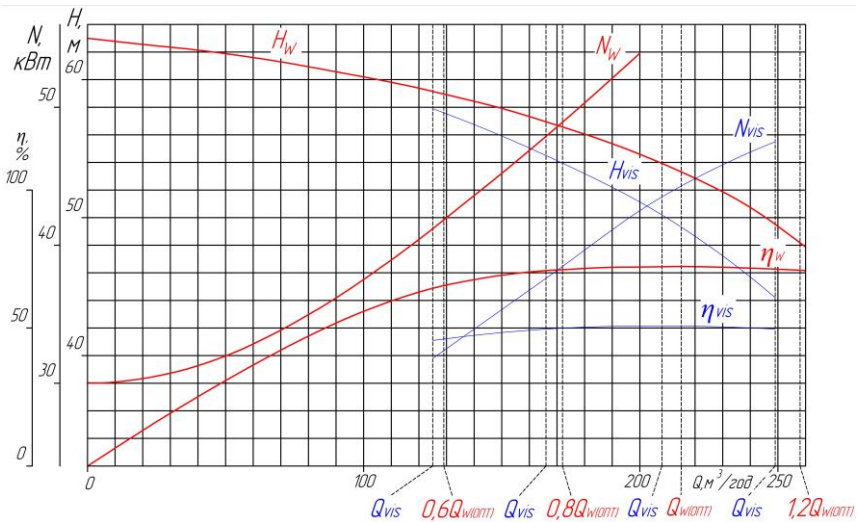


Рисунок 1.11 – Характеристики насоса:

- на чистій воді;
- на в'язкій рідині

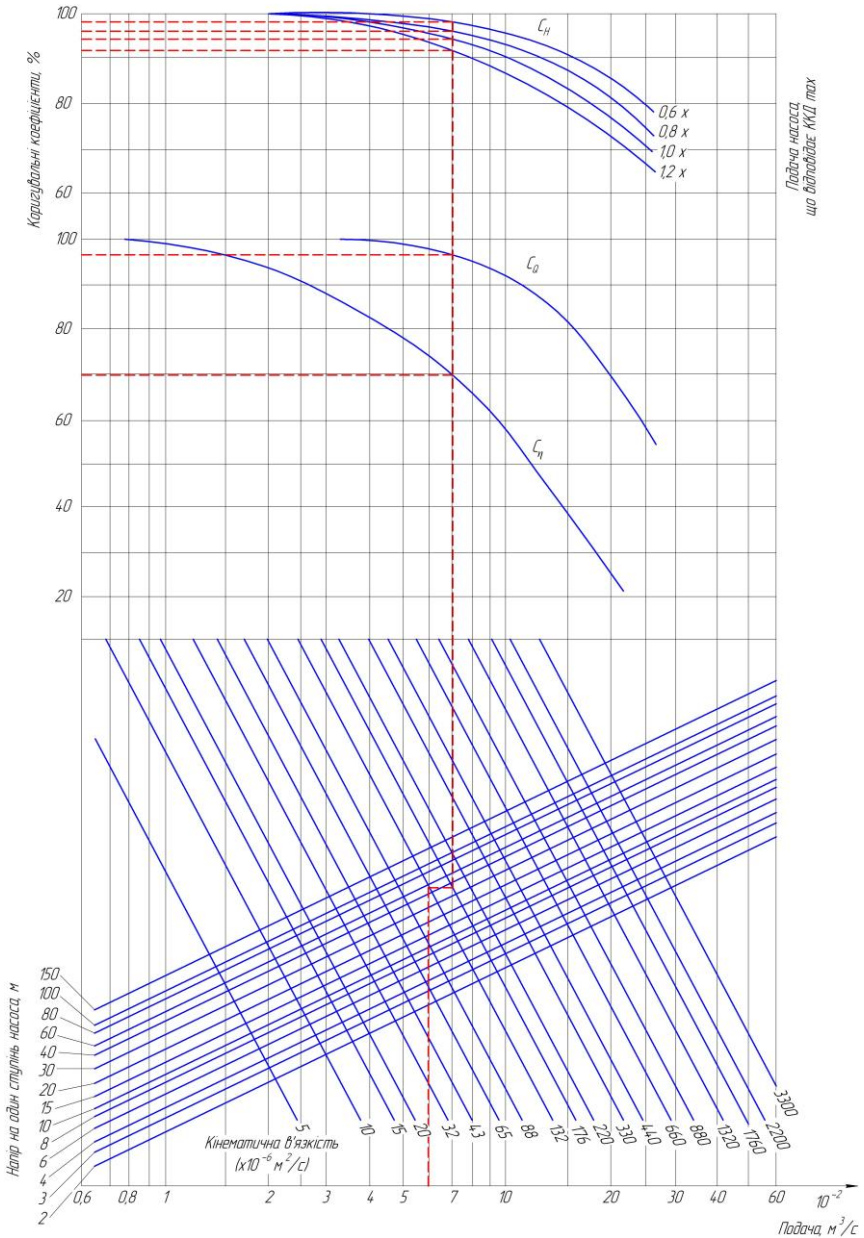


Рисунок 1.12 – Визначення коефіцієнтів коригування за номограмою

2 Монтаж насосних установок

2.1 Технічна документація

Монтаж насосних установок, як правило, виконує спеціалізована організація відповідно до проектної документації та інструкцій заводу-виробника.

Технічна документація на виконання монтажних робіт, що передається монтажній організації замовником, містить:

- 1) технічний проект із кошторисом;
- 2) робочі креслення;
- 3) основні креслення будівлі;
- 4) монтажні креслення насосного агрегата;
- 5) паспорти на обладнання;
- 6) інструкції для монтажу та експлуатації;
- 7) схеми змашування та ін.

На основі одержаної технічної документації виконується проект виконання монтажних робіт (ПВМР), що містить:

- технологію виробництва монтажних робіт;
- організацію робіт;
- календарний графік виконання робіт.

Під час розроблення ПВМР визначають обсяги монтажних робіт, необхідність у монтажних механізмах, інструменті, пристроях, матеріалах, робочій силі тощо.

2.2 Приймання насосної станції до монтажу

До початку проведення монтажних робіт після завершення основних будівельних робіт монтажна організація здійснює приймання майданчика до монтажу.

Перед початком монтажу приймають підготовлений до монтажу фундамент. Фундаменти повинні бути очищені від будівельного сміття та вивільнені від опалубки і будівельних конструкцій, якщо останні не будуть використовуватися під час монтажу.

Порядок приймання залежить від типу фундаменту. В процесі приймання фундамент піддають всебічному обстеженню та перевіряють на відповідність кресленням і технічним умовам. Правила приймання фундаментів регламентуються відповідними Державними будівельними нормами. На всі фундаменти складають формуляр із зазначенням фактичних та проектних розмірів.

Фундаменти не повинні мати раковин, поверхневих тріщин, а якість бетону повинна підтверджуватися актом випробування контрольних кубиків.

Потім перевіряють правильність геометричних розмірів та осей фундаменту, контрольних колодязів, різних ніш, прорізів за схемою (рис. 2.1). Уздовж основних осей машини на відстані 200 – 250 мм від фундаменту підвішують струни 1 та натягають їх за допомогою вантажу б таким чином, щоб опущені з них підвіси 2 потрапляли у точки перетину висотних та осьових відміток планок 4. Геометричні розміри фундаменту та правильність закладання колодязів, ніш та каналів перевіряють від установлених струн лінійкою або рулеткою. Одночасно перевіряють правильність положення його щодо будівлі, а також до фундаментів інших машин, якщо у будівлі їх установлюють декілька. Прямокутність фундаменту в цілому перевіряють натягуванням шнурів за діагоналями: діагоналі повинні бути рівними.

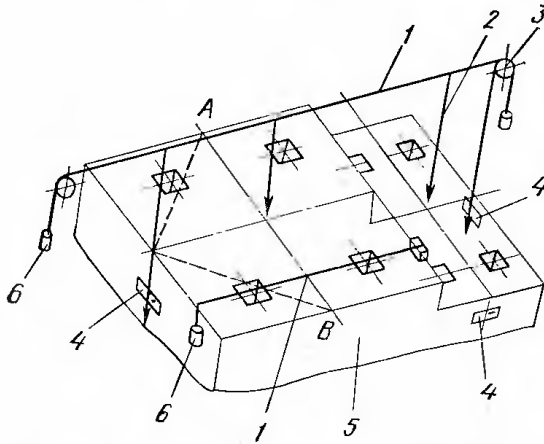


Рисунок 2.1 – Схема розмітки фундаменту:

1 – струна; 2 – підвіс; 3 – скоба; 4 – планка з осьовими та висотними відмітками; 5 – фундамент; 6 – вантаж

Якщо геометричні розміри фундаменту та розміщення колодязів (під фундаментні болти) і прорізів відповідають допускам, перевіряють глибину закладання колодязів та прорізів від висотних відміток. Для цього на фундамент на підкладки встановлюють за рівнем перевірну лінійку 2 (рис. 2.2), нижня грань якої повинна відповідати положенню рами машини, що визначається заміром від висотної відмітки. Вимірюють глибину колодязя дерев'яною рейкою з нанесеними на ній масштабними відмітками.

Від якості виготовлення фундаментів залежать правильність встановлення машини і термін монтажу. виправлення фундаментів у процесі монтажу – трудомістка операція, тому необхідно ретельно перевіряти фундаменти під час приймання.

Приймання фундаментів оформлюють актом, який підписують представники будівельної та монтажної організацій і замовника.

Несправності, виявлені при прийманні фундаменту, необхідно усунути до початку монтажу обладнання.

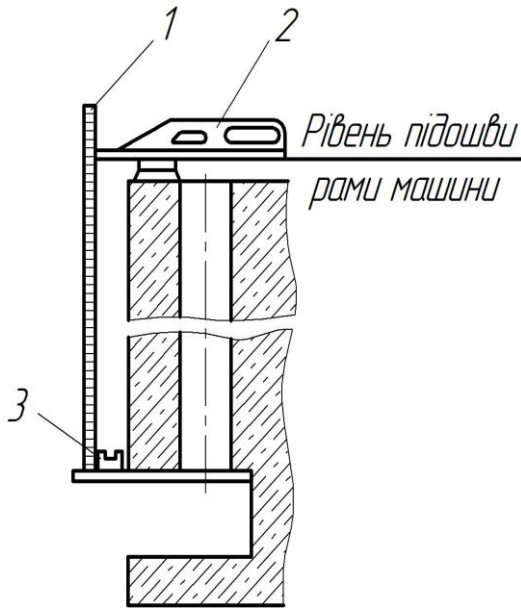


Рисунок 2.2 – Схема перевірки глибини колодязя:
 1 – рейка; 2 – перевірні лінійки; 3 – рівень

Організацію монтажного майданчика: розміщення обладнання, допоміжних приміщень, матеріалів, інструменту та устаткування з урахуванням безпечного проведення робіт під час монтажу – здійснюють згідно з ПВМР. ПВМР також установлює послідовність подачі обладнання та його складальних одиниць на монтажний майданчик і місце їх тимчасового зберігання.

За необхідності на монтажному майданчику обладнують місце збільшеного складання деталей та складальних одиниць, електро- та газозварні пости, слюсарну дільницю, місце зберігання такелажу, забезпечують її необхідним піднімально-транспортним обладнанням.

2.3 Основні матеріали та деталі трубопроводів

Під час монтажу трубопроводів, крім власне труб, застосовують стандартизовані та нормалізовані деталі, до яких відносять відводи, фланці, переходи з одного діаметра на інший, штуцери, компенсатори тощо (рис. 2.3).

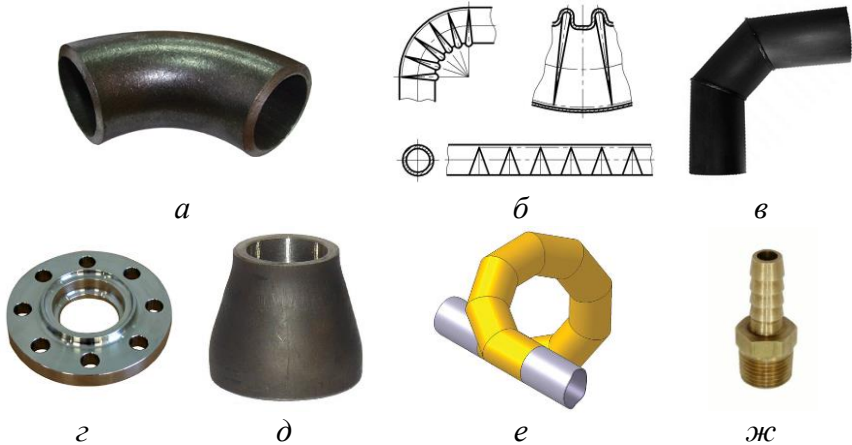


Рисунок 2.3 – Деталі трубопроводів:

*а – відвід гладкий; б – відвід зі складками; в – відвід зварний;
г – фланець; д – перехід; е – компенсатор спіральний; ж – штуцер*

Труби, що застосовуються для прокладання трубопроводів насосних установок, можуть бути сталевими, чавунними, азбестоцементними, скляними, поліетиленовими тощо. Тип труб вибирають залежно від тиску в трубопроводі та температури середовища, що транспортується.

Відводи служать для зміни напрямку трубопроводу у межах від 30 до 90°. За способом виготовлення відрізняють гладкі, зі складками та зварні відводи (рис. 2.3 а, б, в).

Гладкі відводи з труб малих діаметрів (до 200 мм) виготовляють на трубозгинальних верстатах. Відводи для труб великого діаметра доцільно виготовляти іншими способами.

Для виготовлення відводів необхідно використовувати переважно безшовні труби, проте допускається застосування й

зварних. При згинанні зварну трубу необхідно встановлювати так, щоб шов проходив уздовж осі відводу, тобто в зоні найменшого напруження. Після згинання перевіряють стан шва.

Для того щоб труба зберегла круглу форму, перед згинанням її наповнюють сухим піском та закривають з обох боків пробками. Після цього її нагрівають та згинають. Згинання виконують на спеціальному стенді за допомогою лебідок. Відвід виготовляють за одне нагрівання. Трубу згинають на кут, більший від необхідного, оскільки під час охолодження вона дещо випрямляється. Кут згинання контролюють за шаблоном.

Згинання *відводів зі складками* доцільно застосовувати при виготовленні невеликої кількості відводів великих діаметрів. Трубу попередньо розмічають на сектори, кількість яких залежить від діаметра труби та кута згинання. Після розмітки секторів трубу нагрівають за допомогою ацетилено-або пропано-кисневих пальників. Після нагрівання одного сектора труби за допомогою лебідки її зминають та отримують першу складку. Нагрівання наступного сектора починають після охолодження водою отриманої складки. Послідовно згинаючи всі складки, отримують відвід. Кут згину контролюють шаблоном.

Зварні відводи виготовляють з окремих сегментів, вирізаних із прямої труби. Розмічають сегменти за шаблонами, виготовленими з гнучкого матеріалу. Кожний відвід зварюють із 2 – 6 ланок. Кінцеві ланки, що мають один зріз, перпендикулярний до осі труби, називають стаканами, внутрішні ланки – сегментами, або секторами.

Фланці виготовляють шляхом кування або вирізання з листової сталі. В обох випадках необхідне подальше механічне оброблення.

Трубопровідна *арматура* (рис. 2.4) – це пристрої, що встановлюються на трубопроводах і призначені для керування потоками робочих середовищ шляхом зміни площі прохідного перерізу.

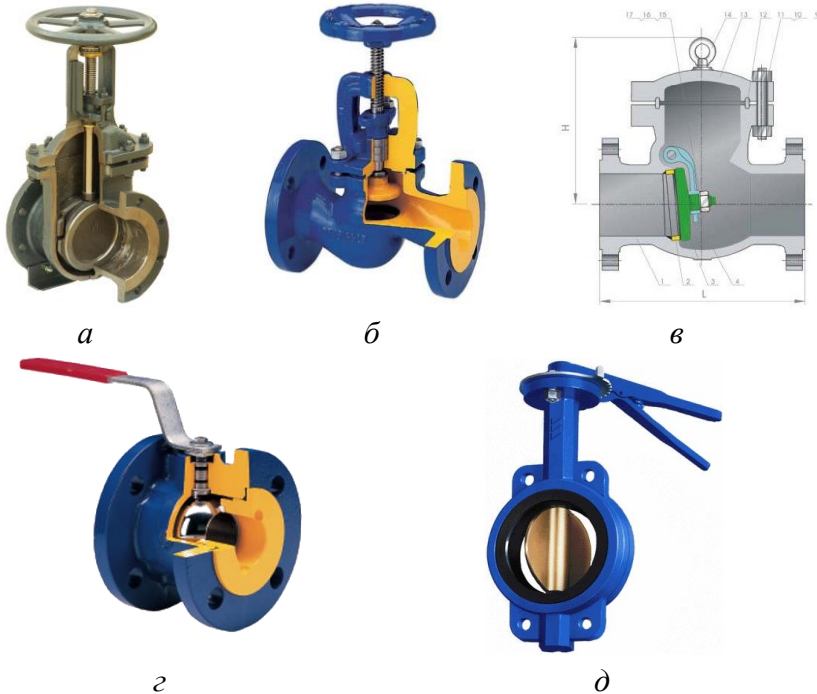


Рисунок 2.4 – Трубопроводна арматура:

а – засувка; б – вентиль; в – поворотний клапан; г – кран; д – затвор

Типи арматури:

– *засувка* – тип арматури, у якій замикальний або регулювальний елемент переміщується перпендикулярно до осі потоку робочого середовища;

– *клапан (вентиль)* – тип арматури, у якій замикальний або регулювальний елемент переміщується зворотно-поступально паралельно осі потоку робочого середовища. До клапанів також відносять конструкції арматури (поворотний клапан), у яких затвор у вигляді тарілки здійснює переміщення по дузі;

– *кран* – тип арматури, у якій замикальний або регулювальний елемент, що має форму тіла обертання або його частини, обертається навколо власної осі, довільно розміщеної щодо напрямку потоку робочого середовища;

– *дисковий затвор (заслінка, поворотний затвор, герметичний клапан)* – тип арматури, у якому замикальний або регулювальний елемент має форму диска, що обертається навколо осі, перпендикулярної або розміщеної під кутом до напрямку потоку робочого середовища.

Для зручності комплектації передбачається фарбування арматури залежно від матеріалу корпусу. Арматуру з чавуна фарбують у чорний колір, із вуглецевої сталі – у сірий, із нержавіючої та кислотостійкої сталей – у блакитний, із легованої сталі – у синій. Корпус арматури з кольорового металу не фарбують.

На корпусі арматури зазначають діаметр умовного проходу D_y та умовний p_y або робочий p_p тиск. Якщо арматура передбачає рух середовища лише в одному напрямку, то на неї наносять стрілку, що вказує напрям потоку.

2.4 Допоміжні матеріали

Пароніт – виготовляють з азбестових волокон, каучуку, розчинника та наповнювача. Застосовують його для виготовлення прокладок. Паронітові прокладки розраховують на максимальну температуру прісної води 250 °С, водяної пари – 450 °С, повітря – від 50 до 100 °С. Металеві поверхні під установлення паронітових прокладок оброблюють. Листи пароніту повинні мати рівну поверхню, без вм'ятин і тріщин; одна сторона повинна бути глянцевою, інша – матовою.

ГОСТ передбачає пароніт чотирьох марок: ПОН – пароніт загального призначення; ПМБ – пароніт маслобензостійкий; ПА – пароніт, армований сіткою; ПЕ – пароніт електролізерний (див. додаток Б).

Пароніт зберігається у приміщеннях при температурі не вище 30 °С. Він руйнується під дією нафтопродуктів та прямих сонячних променів.

Гума технічна листова також застосовується для виготовлення прокладок. Пластини та рулони гуми випускають товщиною від 0,5 до 60 мм. Теплостійку гуму застосовують для води та пари з температурою до 140 °С. Гуму інших типів можна застосовувати при температурі середовища до 50 °С.

Залежно від твердості технічну гуму поділяють на м'яку (М), середньої твердості (С) та підвищеної твердості (П). Маслобензостійка гума буває двох марок: А та Б.

Зберігати технічну гуму необхідно у затемнених приміщеннях при температурі від –5 до +30 °С, запобігаючи дії на неї нафтопродуктів.

Для виготовлення прокладок, крім неметалевих, застосовують і металеві матеріали.

Прокладки з металевих матеріалів використовують у арматурі, що працює на відповідальних об'єктах та у важких умовах (при високих температурах, високому тиску тощо) (див. додаток В), але для таких прокладок необхідні значно більші сили затягування з'єднань, ніж при затягуванні з'єднань із м'якими прокладками.

Набивка сальникова призначена для заповнення вузлів сальникового ущільнення насосів та арматури. Тип набивки обирають залежно від тиску, температури і властивостей перекачуваного середовища. На цей час широко використовують сальникові набивки з матеріалів на основі терморозширеного графіту, вуглеволокна, просоченого тефлоном, та матеріалів, армованих кевларовими волокнами.

2.5 Підготовка насосного обладнання до монтажу

З метою підготовки насосного обладнання до монтажу проводять його передмонтажну перевірку.

Насосне обладнання та комплектуючі, що поставляються заводами-виробниками, повинні відповідати вимогам стандартів або технічних умов на їх виготовлення. Для захисту від механічних пошкоджень вантаж (обладнання, прилади тощо) упаковують. Для попередження корозії всі деталі з непофарбованими поверхнями піддають консервації.

Як правило, обладнання постачають повністю складеним, законсервованим, щоб не потрібно було його розбирати під час монтажу та розконсервації.

Великогабаритне обладнання постачають на монтажний майданчик окремими складальними одиницями, які також не потребують розбирання під час розконсервації та монтажу. У цьому разі на заводі-виробнику виріб піддають відповідним випробуванням у повністю складеному стані. Потім його демонтують на транспортабельні одиниці та відправляють замовнику.

На монтажному майданчику перевіряють справність обладнання, комплектність і відповідність проекту. Якщо видимих дефектів не виявлено та комплектність відповідає технічним умовам на виготовлення виробу, обладнання вважають справним, про що складається відповідний акт.

При виявленні різного роду дефектів (конструктивних, виробничих) складають приймально-здавальний акт за підписом замовника та монтажною організацією. Якщо дефекти важко усунути, надсилають рекламацию заводу-виробнику.

Для визначення справності обладнання, що надійшло на монтаж, проводять повну або неповну його ревізію; повна ревізія необхідна, якщо порушені умови і термін зберігання обладнання або умови транспортування. При повній ревізії розбирають усі складальні одиниці і деталі, промивають їх та перевіряють. У процесі розбирання звертають увагу на стан робочих поверхонь циліндрів, ущільнень, вкладишів, сальників,

поршнів тощо. Виявлені на поверхнях тертя риски, задирки усувають притиранням. Окремі складальні одиниці розбирають або складають у строгій послідовності, при цьому перевіряють фактичні зазори у підшипникових вузлах, сполучених парах деталей, осьові зазори тощо.

При неповній ревізії перевіряють стан основних складальних одиниць та деталей, як правило, після встановлення обладнання на фундамент.

2.6 Монтаж насосних агрегатів

Монтаж насосного агрегата виконують відповідно до проектної документації та монтажних креслень заводу-виробника.

У процесі монтажу монтажна організація зобов'язана вести журнал монтажних робіт, у який заносять прізвища посадових осіб, які здійснюють керівництво монтажними роботами, тип та стислу характеристику обладнання, що монтується, основні етапи виконання робіт, відомості про дефекти в обладнанні, виявлені у процесі монтажу, та заходи з їх усунення, вказівки та розпорядження керівництва монтажних робіт.

Монтаж складного та унікального насосного обладнання виконують за участі шефмонтажного персоналу, направленою заводом-виробником. Завданням цього персоналу є здійснення кваліфікаційної допомоги під час монтажу, пуску та налагодження обладнання.

Перед установленням насосного агрегата необхідно ретельно оглянути та очистити від бруду його фундаментну плиту.

Основні етапи монтажу насосних агрегатів:

- кріплення агрегата до фундаменту;
- вивіряння горизонтальності (вертикальності) агрегата;
- підливання бетоном.

При **кріпленні агрегата** способом, зазначеним на рис. 2.5 а, фундаментні болти закладають у тіло фундаменту у процесі бетонування. Цей спосіб вимагає високої точності виготовлення фундаменту, але скорочує термін монтажу, оскільки до моменту встановлення обладнання закріплення болтів отримує необхідну міцність.

На рисунку 2.5 б показано кріплення фундаментними болтами, що закладаються після бетонування фундаменту. Болти можуть бути залитими як до встановлення агрегата, так і після його встановлення. До встановлення агрегата болти

заливають за шаблоном, виготовленим із дощок. Для підвищення болтів у анкерних колодязях у дерев'яній рамі свердлять отвори за розмірами отворів фундаментної плити або рами насосного агрегата. Висота дерев'яного шаблону повинна відповідати висоті фундаментної плити.

При кріпленні агрегата за допомогою анкерних болтів (рис. 2.5 в) у тіло фундаменту заливають анкерні плити. Агрегат кріплять за допомогою шпильок. Кріплення анкерними болтами дещо ускладнює конструкцію закладних деталей, але дозволяє кріпити обладнання до фундаменту одразу ж при його встановленні. На відміну від болтів, залитих у бетон, анкерні болти допускають деяке зміщення агрегата у горизонтальній площині при його вивірненні.

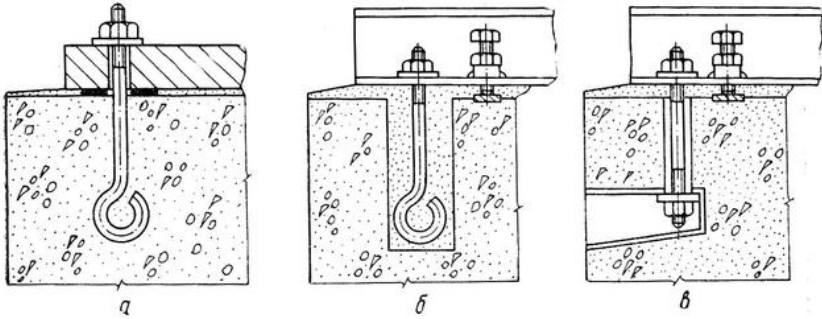


Рисунок 2.5 – Кріплення насосного агрегата до фундаменту:
а, б – фундаментними болтами; в – анкерними болтами

Установлений насосний агрегат до затягування фундаментних болтів попередньо вивіряють. При цьому визначають положення основних осей агрегата відносно осей фундаменту та його висотні відмітки. Контроль проводять за мітками на металевих плашках та реперах. Спосіб вивірення насосного агрегата залежить від його конструкції та зазначається на монтажних кресленнях.

У горизонтальних насосах перевіряють горизонтальність осі вала. Як інструмент використовують рівні та нівеліри. При цьому вибирають дві точки і перевіряють їх положення щодо

бази. Відхилення горизонтальності від осі вала повинно бути не більшим від 0,1 мм на 1 м довжини плити фундаменту.

У *вертикальних насосах* перевіряють вертикальність осі вала за допомогою індикатора або методом 4 струн (рис. 2.6) двома етапами. Спочатку за допомогою відтискних болтів насос виставляють у таке положення, щоб торець його півмуфти набув горизонтального положення. Перевірку виконують рівнем у двох взаємно перпендикулярних площинах. Потім на півмуфту встановлюють хрестовину з чотирма вантажами, підвішеними на сталевих струнах товщиною 0,3 – 0,4 мм. Струни ізолюють від хрестовини за допомогою гумових прокладок. Вантажі поміщають у посудини з машинним маслом, завдяки чому вони не розгойдуються. До струн під'єднують один полюс джерела постійного струму, а до корпусу насоса – інший.

Перевірка вертикальності полягає у визначенні паралельності осі вала струнам у двох взаємно перпендикулярних площинах. Для цього мікроштихмасом вимірюють відстань між струнами та валом у верхній та нижній точках. Момент одночасного дотику вала насоса та струни визначають за гальванометром, увімкненим у мережу батареї.

За допомогою відтискних гвинтів отримують вертикальне положення вала. Вивірення вважається закінченим, якщо відхилення від вертикалі не перевищує 0,015 мм на 1 м довжини вала.

Положення насосного агрегата після монтажу та вивірення у плані і за висотними відмітками повинно відповідати проекту. Допускаються такі граничні відхилення: у плані – 10 мм, за висотою – ± 10 мм.

Положення агрегата регулюють за допомогою металевих підкладок (що залишаються у підливі) або відтискних регулювальних болтів. Місце для встановлення підкладки повинно бути чистим та рівним, щоб вона усією площиною прилягала до фундаменту. Підкладки необхідно розміщувати з обох боків кожного фундаментного болта.

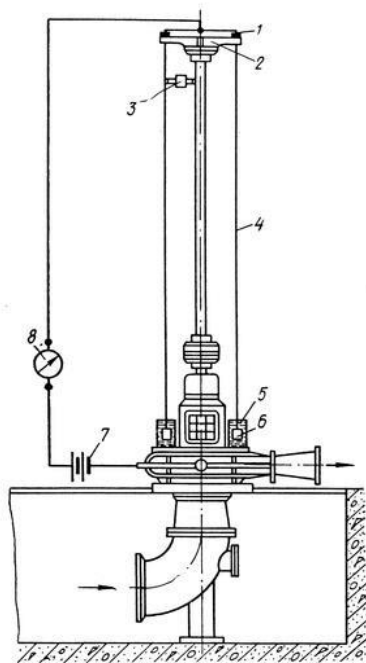


Рисунок 2.6 – Перевірка вертикальності вала насоса методом чотирьох струн:

*1 – гумова прокладка; 2 – хрестовина; 3 – мікроштихмас;
4 – струна; 5 – машинне масло; 6 – вантаж; 7 – джерело
електричного струму; 8 – гальванометр*

Положення насоса перевіряють двічі: при вільному спиранні на підкладки та після затягування фундаментних болтів. Після кінцевої перевірки пакет підкладок необхідно зварити як одне ціле.

Відтискні гвинти, якими регулюють положення насоса, повинні спиратися на сталеві підкладки, товщина яких та розміри у плані приймаються з урахуванням маси насосного агрегата.

Після вивірення агрегат підливають для забезпечення спирання рами на фундамент усією площиною. Висота підливання становить 30 – 40 мм; максимальна висота – 80 мм.

2.7 Центрування валів насоса та двигуна

Для забезпечення надійної та довговічної роботи насосного агрегата вали насоса та електродвигуна повинні бути встановлені співвісно, тобто у просторі їх осі повинні лежати на одній прямій. При виготовленні деталей насоса та електродвигуна досить важко витримати розміри з точністю, що забезпечила б співвісність під час агрегування. Тому при встановленні насоса та електродвигуна на загальній плиті їх вали центрують, тобто регулюють за допомогою підкладок. При постачанні агрегованих насосів цю роботу виконує завод-виробник. Проте центрування агрегата може порушитися під час транспортування, а також при деформації тонкостінної плити в результаті старіння металу або при нерівномірному приляганні її до фундаменту.

Схема порушення співвісності валів наведена на рис. 2.7. У першому випадку осі валів зміщені у горизонтальній або вертикальній площині, залишаючись при цьому паралельними, у другому – вони схрещуються. В обох випадках, якщо відхилення перевищує визначені величини, агрегат працює ненормально: з'являються шум, вібрація, зростає споживана потужність, нагріваються підшипники та муфта. Деталі насоса і електродвигуна при такій роботі зношуються у декілька разів швидше.

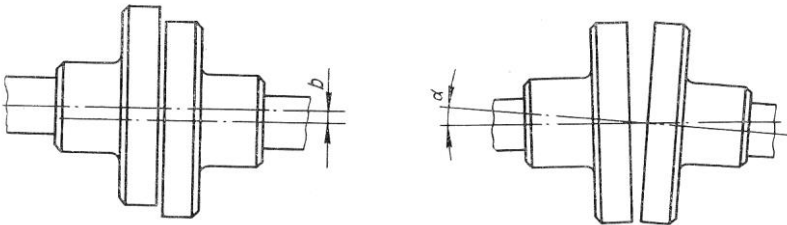


Рисунок 2.7 – Схеми порушення співвісності валів

Допустимі відхилення співвісності валів залежать від їх швидкості та маси обертових деталей.

Під час центрування агрегата необхідно керуватися такими правилами:

– у агрегатах із редуктором диктуючим агрегатом є редуктор, який встановлюють, вивіряють та фіксують штифтами; насос, електродвигун та гідромуфту центрують за редуктором;

– у агрегатах із гідромуфтою насос та електродвигун центрують за гідромуфтою, попередньо вивіреною, закріпленою та зафіксованою;

– у агрегатах без редуктора центрування виконують за насосом, який попередньо вивіряють, кріплять та фіксують;

– центрування агрегата, який не має загальної плити, виконують у два етапи: попередньо – перед заливкою фундаментних болтів та кінцево – після закріплення насоса на фундаменті;

– центрування агрегата, що має загальну фундаментну плиту, виконують після її вивірки, підливання та затягування фундаментних болтів.

У кінці вали насосного агрегата центрують після приєднання до нього трубопроводів.

Існує декілька способів контролю співвісності валів. Найбільш поширеним є центрування за допомогою скоб, закріплених на півмуфтах валів, що центруються (рис. 2.8). Співвісність контролюють індикатором. В інших конструкціях замість індикатора застосовують болти із загостреними та заокругленими кінцями; зазори вимірюють щупом. Для скорочення часу на центрування валів застосовують дві пари скоб, розміщених діаметрально на півмуфтах. У процесі центрування муфту із вставленим пальцем повертають та встановлюють по чергову на кут 90 , 180 , 270 та 360° (при двох парах скоб досить перевірити зазори при кутах 90 та 180°). При цьому зазначають різницю показань індикатора (або різницю зазорів). Для досягнення співвісності електродвигун (насос, гідромуфту) переміщують у необхідному напрямку. Вертикальне переміщення виконують за рахунок підкладання під лапи металевих пластин, які необхідно взяти такої товщини, щоб загальна кількість їх не перевищувала трьох. При більшій кількості кріплення втрачає жорсткість.

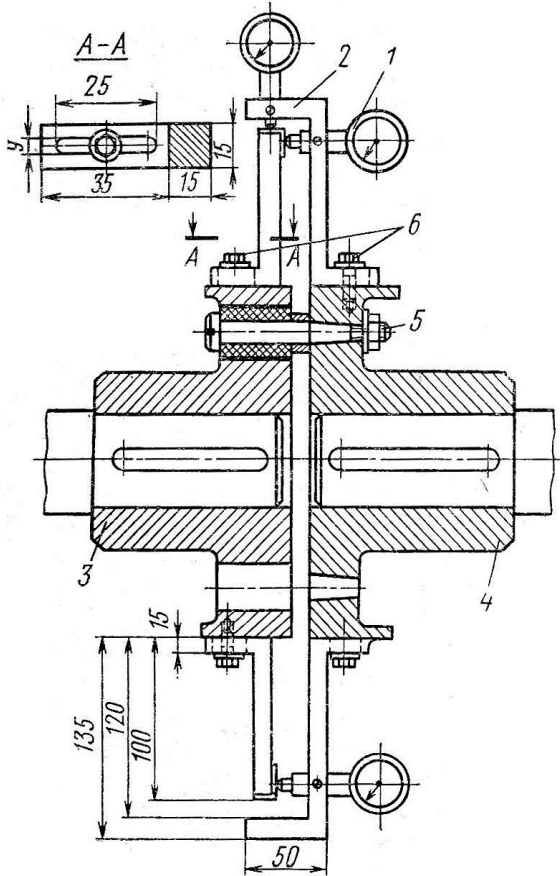


Рисунок 2.8 – Центрування валів насоса та електродвигуна:
1 – індикатор; 2 – скоба; 3 – півмуфта насоса; 4 – півмуфта електродвигуна; 5 – палець муфти; 6 – гвинти кріплення скоб до муфти

2.8 Монтаж трубопроводів насосної установки

Матеріали, деталі, вузли та арматура, що використовуються для трубопроводу, повинні відповідати проекту й технічним вимогам, а також мати сертифікати.

Під час монтажу трубопроводів використовують такі види з'єднань:

- зварювання;
- нарізне з'єднання;
- фланцеве з'єднання.

Трубопроводи з'єднують за допомогою *зварювання* усіх видів. У монтажних умовах найбільшого поширення набули електродугове та газове зварювання.

Електродугове зварювання є більш продуктивним та універсальним, хоча газовим зварюванням легко та зручно виконувати неповоротні, стельові й вертикальні шви.

Якщо трубопровід монтують із зварних труб, їх необхідно укладати так, щоб поздовжній шов був зручний для огляду під час випробувань та для заварювання у випадку розриву труби.

При стикуванні труб діаметром до 529 мм для зварювання зручно використовувати зовнішній центратор (рис. 2.9). Прихоплюють труби через вікна у центраторі. Труби великого діаметра стикують із використанням внутрішніх центраторів.

При стиковому зварюванні на трубах знімають фаски під кутом 45° для газового зварювання та під кутом 30° – для електродугового.

Якість зварних з'єднань систематично контролюють зовнішнім оглядом у процесі виконання зварювальних робіт.

При з'єднанні труб газовим зварюванням як горючий газ найчастіше використовують ацетилен та пропан-бутан, як окиснювач – кисень. Балони з киснем фарбують у блакитний колір, напис на них роблять чорним кольором, балони з

ацетиленом – у білий, напис – червоним кольором, балони з пропан-бутаном – у червоний, напис – білим кольором.



Рисунок 2.9 – Зварювання труб за допомогою центратора

Нарізні з'єднання застосовують в основному для приєднання контрольно-вимірювальних приладів та для з'єднання труб у місцях, доступних для огляду, при діаметрі труб до 70 мм, робочому тиску не більше 10 кгс/см^2 та температурі до $105 \text{ }^\circ\text{C}$. Щільність нарізного з'єднання забезпечується застосуванням ущільнювальних матеріалів.

Фланцеві з'єднання на трубопроводах застосовують у разі необхідності забезпечення розбирання окремих ділянок або усього трубопроводу. Фланці до труб приварюють за допомогою електродугового зварювання, для чого фланець виставляють за допомогою спеціального кутника. Кут між фланцем і трубою перевіряють у двох взаємно перпендикулярних площинах. Фланці для зручності збирання вузлів встановлюють так, щоб вертикальна вісь трубопроводу проходила посередині між отворами для болтів.

Головки болтів фланцевого з'єднання необхідно розміщувати з одного боку, а затягувати болти – попарно навхрест (рис. 2.10).

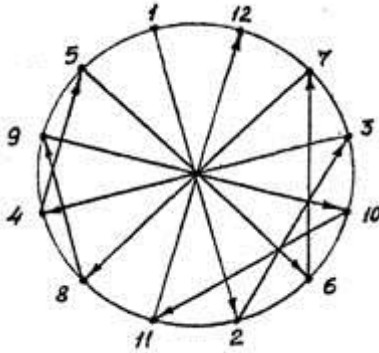


Рисунок 2.10 – Схема затягування болтів фланцевого з'єднання

Трубопроводи необхідно надійно закріпити, конструкція кріплень повинна допускати вільне осьове переміщення трубопроводів при температурному розширенні. Трубопроводи, прокладені горизонтально, повинні мати нахили для спорожнення та випускання повітря з верхніх точок. Трубопроводи, прокладені вертикально, повинні мати відхилення від вертикалі не більше 2 мм на 1 м висоти.

При проходженні через стіну трубопровід укладають у гільзу з труби більшого діаметра. Зазор між трубопроводом та гільзою заповнюють негорючим матеріалом, наприклад, азбестом. На ділянці, що проходить через гільзу, не повинно бути зварного або нарізного з'єднання.

Розбірні з'єднання трубопроводів та арматуру необхідно розміщувати так, щоб вони були доступними для огляду й ремонту. Не допускається закладення їх у підлогу, у кладку стіни або у штукатурку.

Під час монтажу насосної установки особливу увагу необхідно звернути на правильність монтажу всмоктувального трубопроводу. Він повинен мати мінімальну довжину й містити якомога меншу кількість фасонних частин. У ньому не повинно бути місць можливого утворення повітряних мішків. Особливості монтажу всмоктувального трубопроводу та можливі помилки при цьому відображені на рис. 2.11.

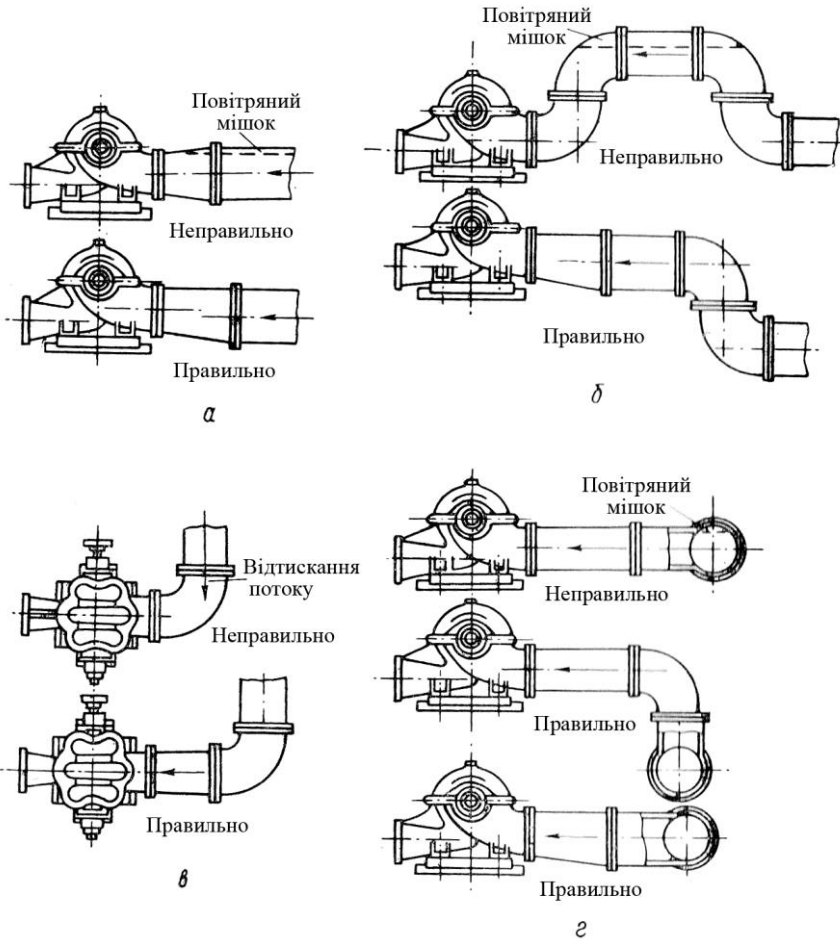


Рисунок 2.11 – Характерні помилки під час монтажу всмоктувального трубопроводу:

*а – неправильний перехід; б – розміщення осі всмоктувального трубопроводу вище від осі всмоктувального патрубкa;
 в – відсутність переходу; г – завищення відмітки всмоктувального колектора щодо насосів*

При приєднанні до насоса трубопроводу з діаметром, більшим від діаметра патрубкa насоса, між трубопроводом та патрубком встановлюють перехідний патрубк, кут конусності якого для всмоктувального патрубкa повинен бути не більшим

15°, для напірного – 10°. Трубопроводи до насоса приєднують після закріплення його до фундаментної плити.

Після завершення монтажних робіт трубопроводи очищають від іржі, бруду тощо, потім знежирюють уайт-спіритом, бензином або ацетоном і фарбують.

2.9 Монтаж арматури та контрольно-вимірювальних приладів

Трубопровідну арматуру встановлюють у місцях, що забезпечують безперешкодний доступ до неї та обслуговування. Просторове положення арматури повинно відповідати проекту.

Якщо з певних причин арматура відсутня, то замість неї на фланцях встановлюють вставки з труби – «котушки» (рис. 2.12), довжина яких дорівнює довжині арматури. При складанні трубопроводу без арматури фланці необхідно встановлювати так, щоб при встановленні замість «котушки» арматури її шпindelь або клапан займали необхідне просторове положення.

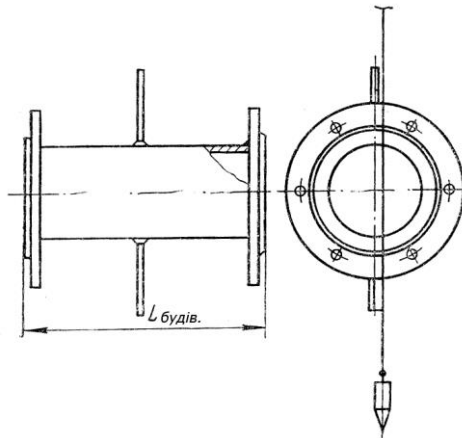


Рисунок 2.12 – Монтажна котушка для встановлення арматури

Манометр або вакуумметр встановлюють так, щоб його шкала була добре видна з робочого місця. Залежно від відстані від місця спостереження до манометра застосовують манометри зі шкалою відповідного розміру.

До трубопроводу (рис. 2.13) манометр під'єднують через триходовий кран, що дозволяє від'єднувати манометр, з'єднувати його з атмосферою для перевірки справності, під'єднувати паралельно до нього контрольний манометр та

промивати з'єднувальну трубку. Манометр встановлюють у вертикальному положенні.

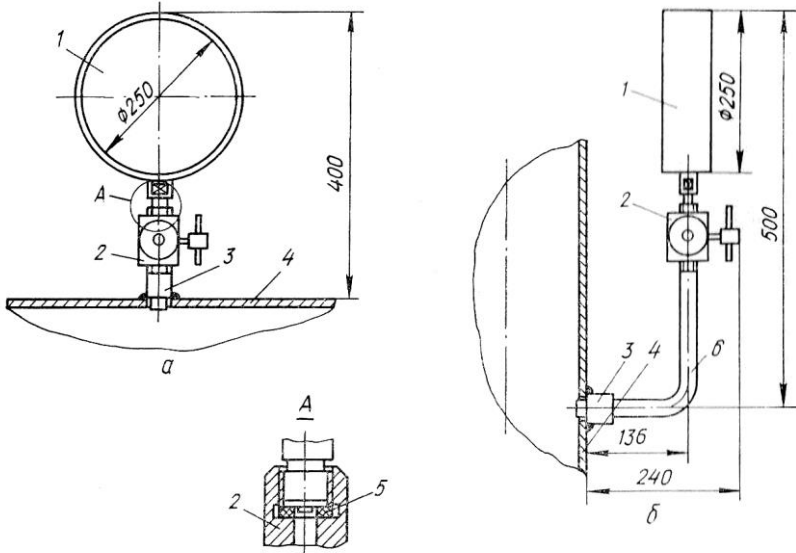


Рисунок 2.13 – Встановлення манометра:

*а – на горизонтальному трубопроводі; б – на вертикальному;
1 – манометр; 2 – триходовий кран; 3 – штуцер; 4 – стінка труби;
5 – прокладка; 6 – відвід*

Встановлюючи манометр, неприпустимо докладати зусилля при обертанні його за корпус. Загвинчувати манометр необхідно гайковим ключем, надітим на чотиригранник штуцера манометра.

Манометр працює справно, якщо температура середовища, що діє на його механізм, не перевищує 60 °С. При вимірюванні тиску середовища з більш високою температурою манометр приєднують через сифонну трубку, рідина в якій охолоджується та зберігається при спорожненні трубопроводу. Триходовий кран встановлюють після сифонної трубки. Рідину в манометр подають лише після її охолодження у сифонній трубці.

При вимірюванні тиску у трубопроводі, що піддається вібраціям, манометр необхідно встановлювати на окремому

кронштейні, не пов'язаному із трубопроводом. У цьому випадку до манометра прокладають з'єднувальну лінію з мідної або сталевій трубки діаметром 6 – 14 мм. Для ущільнення з'єднання манометра з трубкою під торець штуцера кладуть прокладку.

При визначенні тиску у трубопроводі необхідно враховувати геометричну різницю висот точки відбору тиску та місця встановлення манометра. Цю різницю необхідно вносити як поправку до показань приладу. Якщо манометр встановлено вище від точки відбору, то різницю відміток у метрах додають до показань, якщо нижче, – то віднімають.

З'єднувальні лінії необхідно прокладати так, щоб виключалася можливість утворення у них повітряних мішків, які спотворюють показання манометрів.

Для забезпечення мінімальної похибки у показаннях манометр вибирають таким, щоб тиск у трубопроводі не перевищував значень $2/3$ його шкали. При вимірюванні тиску, значення якого коливаються, рекомендується встановлювати манометр, розрахований на вимірювання тиску, який у 2 рази більший від максимального у трубопроводі.

Згідно з ГОСТ 8625-69 манометри випускають для таких меж вимірювань: 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000 та 1600 кгс/см². Діаметр корпусу манометра може мати розміри 40, 60, 100, 160 та 250 мм.

До монтажу беруть манометри, які не мають зовнішніх механічних пошкоджень і пройшли стендову перевірку. Манометри повинні бути забезпечені захисними ковпачками, що запобігають забрудненню внутрішньої порожнини приладу.

При встановленні *термометра* виходять із того, що він повинен бути зручним в експлуатації, а показання його легко читаються.

Для підвищення точності показань активна частина термометра повинна проходити по осі потоку рідини. У цьому випадку спостерігаються найбільш сприятливі умови теплопередачі від середовища до термометра.

Активна частина термометра (резервуар) повинна бути повністю зануреною в рідину.

При встановленні на трубі малого діаметра термометр необхідно ставити під кутом до осі труби назустріч потоку (рис. 2.14).

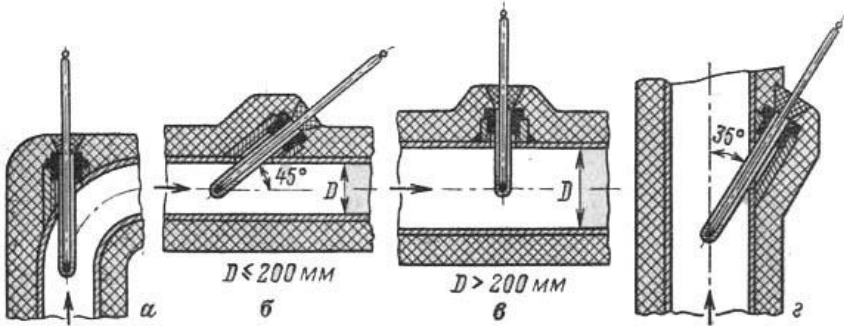


Рисунок 2.14 – Встановлення ртутного термометра:

а – уздовж осі трубопроводу; б – похило до осі горизонтального трубопроводу; в – нормально до осі горизонтального трубопроводу; г – на вертикальному трубопроводі

Для захисту від механічних ушкоджень термометри поміщають у металеві гільзи (рис. 2.15). Нижню частину гільзи, що слугує ванною для активної частини термометра, заповнюють машинним маслом (при температурі вимірюваного середовища не більше 100 °С) або мідною тирсою.

Технічні термометри випускаються із ртутним заповненням для вимірювання температури в межах від – 90 до + 500 °С та термометри із заповненням органічними рідинами (етиловий спирт, толуол, пентанол, ефір, гас тощо).

Технічні термометри випускають двох виконань: прямі та кутові (з кутом 90 та 135 °С) (рис. 2.16).



Рисунок 2.15 – Захисні гільзи термометра



Рисунок 2.16 – Прямий та кутовий термометри

Якщо звичайний скляний термометр неможливо установити в зручному для експлуатації місці, необхідно встановлювати дистанційний термометр. Для передачі показань на відстань до 40 м застосовуються манометричні термометри (рис. 2.17).



Рисунок 2.17 – Манометричний термометр

Водоміри та диференційні манометри у комплекті зі звужувальними пристроями застосовуються в насосних установках для вимірювання витрати.

Водоміри (рис. 2.18) випускаються з умовним проходом до 200 мм. Корпус водоміра розрахований на робочий тиск 10 кгс/см². При діаметрі умовного проходу до 40 мм він має муфтове приєднання до трубопроводу, при великому діаметрі його приєднують на фланцях.

Водоміри випускаються для холодної та гарячої води. Крильчатку водоміра для гарячої води виготовляють із нержавіючої сталі, для холодної – з пластмаси.

Точність показань водоміра значною мірою залежить від правильності його встановлення. Водомір встановлюють на прямій ділянці трубопроводу, що не має механічних ушкоджень, врізань тощо. Довжина прямої ділянки за ходом води до водоміра повинна становити 8–10 діаметрів, після нього – 5 діаметрів труби.

Перед водоміром і після нього встановлюють запірну арматуру. Паралельно водоміру розміщують обвідну лінію з засувкою та вентилям, призначену для пропускання води на час ремонту водоміра.

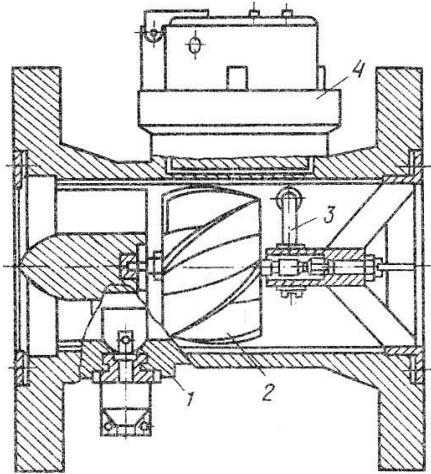


Рисунок 2.18 – Водомір

Звужувальні пристрої у вигляді діафрагм (рис. 2.19) та сопел (рис. 2.20) застосовуються для вимірювання великих витрат. Принцип дії таких пристроїв полягає в тому, що різниця тисків до та після звужувального пристрою залежить від швидкості руху рідини. Різниця тисків вимірюється диференційним манометром. Знаючи площу перерізу отвору і швидкість рідини, можна визначити її витрату.

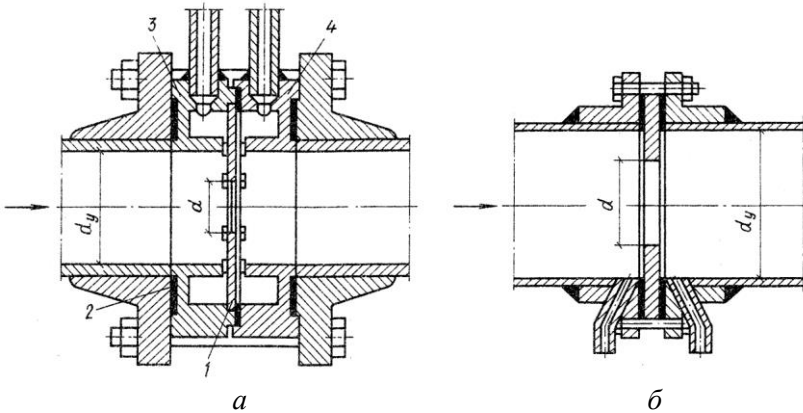


Рисунок 2.19 – Діафрагми:

*а – камерна; б – дискова; 1 – діафрагма; 2 – прокладка;
3 – камера «+»; 4 – камера «-»*

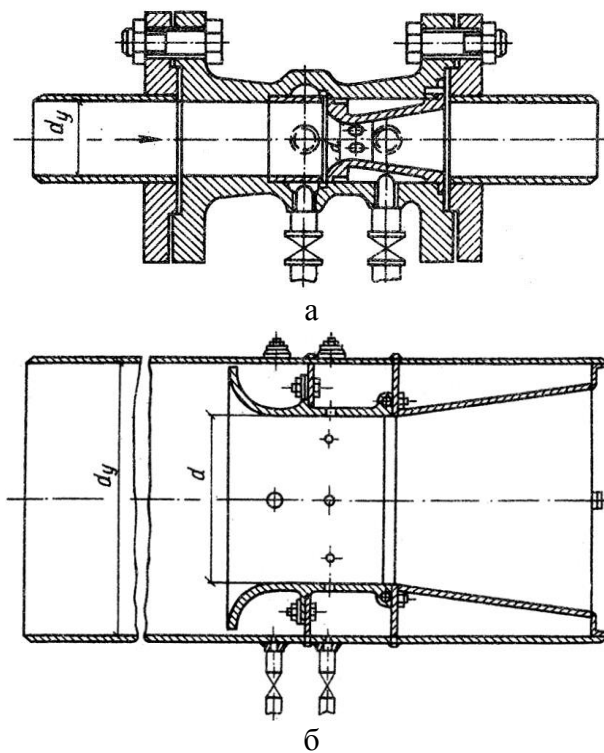


Рисунок 2.20 – Сопло Вентури:

а – діаметром до 500 мм; б – діаметром більше 500 мм

2.10 Випробування та промивання трубопроводів

Трубопроводи насосної установки до здавання в експлуатацію необхідно піддати випробуванням на міцність та перевірці на герметичність. Перед випробуванням виконують зовнішній огляд, під час якого визначають відповідність трубопроводу проекту та його готовність до випробувань, а також визначають правильність монтажу арматури та її дії, наявність та відповідність проекту пристроїв для випускання повітря і спорожнення трубопроводу тощо.

Методи випробування трубопроводів залежать від їх призначення і матеріалу.

Для випробування трубопроводів застосовують пружинні манометри. Манометр повинен мати клас точності не нижче 1,5 і діаметр корпусу не менше 150 мм. Шкалу манометра необхідно вибирати так, щоб пробний тиск у трубопроводі не перевищував $\frac{2}{3}$ максимального значення.

Після випробувань трубопровід промивають. Для цього розробляють спеціальну схему та визначають орієнтовну тривалість промивання, джерело води, кількість персоналу тощо. Промивання необхідно проводити досить інтенсивно, із забезпеченням швидкості води у трубопроводі 1–1,5 м/с. Тривалість промивання визначають за ступенем забруднення промивної води.

Після випробувань трубопровід повинен бути спорожненим.

2.11 Механізми та пристрої, що застосовуються для монтажних робіт

Підйомно-транспортне обладнання поділяють на підйомне, підлогове і надземне. Підйомне обладнання (рис. 2.21): блоки і талі, підвішені до нерухомих опор, домкрати, триноги й деякі інші механізми. Підлогове обладнання: лебідки, пересувні крани, пересувні візки й інші пристрої. Надземне обладнання (рис. 2.22): мостові і поворотні крани, кран-балки, монорейки тощо.

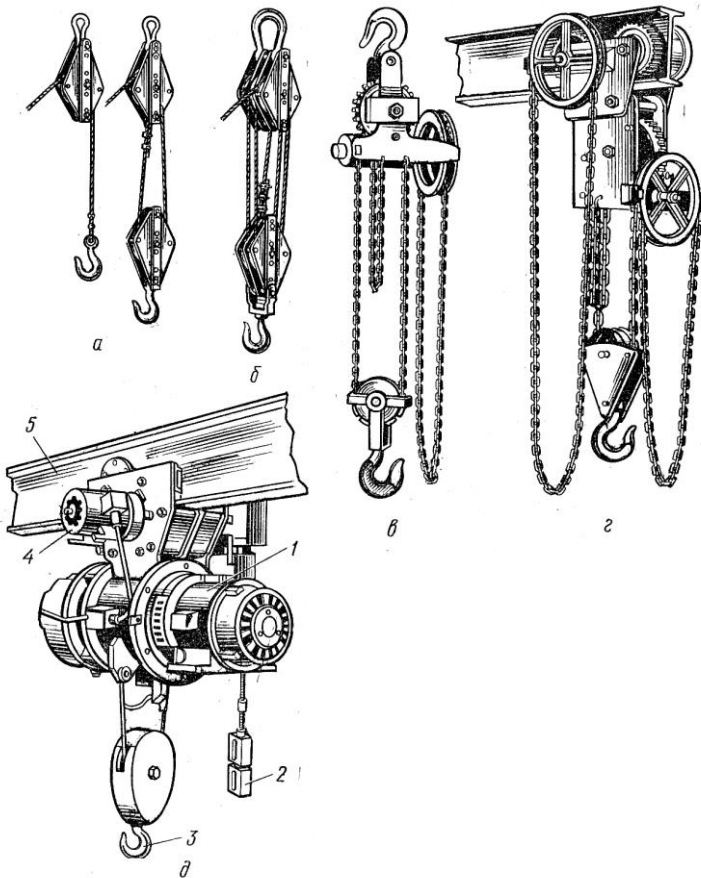
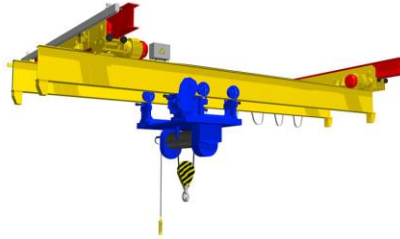
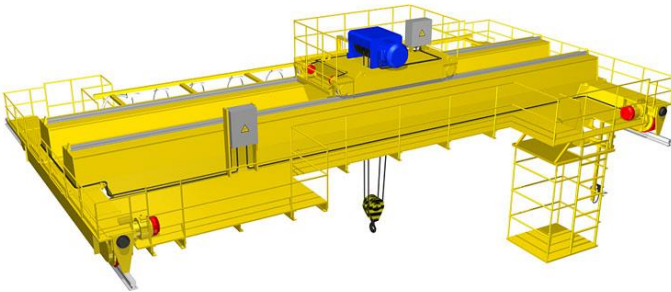


Рисунок 2.21 – Підйомні пристрої:

а – блоки; б – поліспаст; в, з – ручний таль; д – електроталь



a



б



в

Рисунок 2.22 – Надземне підійомно-транспортне обладнання:
a – підвісна електрична кран-балка; б – електричний мостовий кран; в – козловий електричний кран

У багатьох підійомно-транспортних механізмах як вантажозахоплювальні пристрої застосовують канати і ланцюги.

Сталеві дротяні канати (рис. 2.23) для монтажних робіт складаються із шести круглих дротяних пасів, розміщених навколо прядив'яного осердя. Осердя додає сталевому канату гнучкості; крім того, він поглинає мастило і захищає дроти каната від іржі.

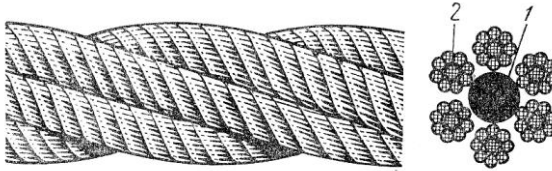


Рисунок 2.23 – Сталевий канат:
1 – прядив'яне осердя; 2 – дротяний пас

Канати (троси) і ланцюги слугують для захоплення і підвішування вантажів. Ці допоміжні засоби називають такелажними. На них повинні бути начеплені бирки з номером, зазначенням максимальної вантажопідйомності і дати останнього випробування.

Із канатів, тросів і ланцюгів виготовляють стропи (рис. 2.24).

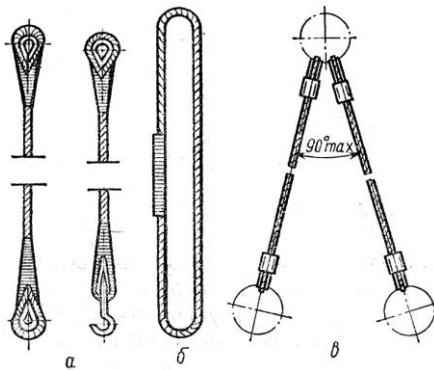


Рисунок 2.24 – Стропи:
а – відкриті; б – закриті; в – двогілкові

Канатні і ланцюгові стропи призначені для навішування вантажів, що мають спеціальні пристрої у вигляді рим-болтів,

крюків, скоб. Універсальні стропи слугують для стропування вантажів обв'язкою. Стропи виготовляють одногілковими, дво-, три- і чотиригілковими. Кінець троса закладають петлею у сталевий, мідний або латунний коуш, що запобігає стиранню дроту.

Під час виконання робіт канати і ланцюги необхідно підбирати такої довжини, щоб кут між їх гілками не перевищував 90° (рис. 2.25). Збільшення цього кута допускається у виняткових випадках, коли висота підняття крана не дозволяє застосовувати довші стропи і виключена можливість переміщення строп уздовж вантажу. Під гострі кути деталі, в місцях притискання до них строп, закладають прокладки із м'якої сталі або іншого матеріалу.

Схема стропування

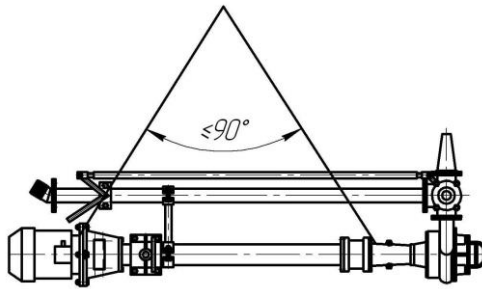


Рисунок 2.25 – Схема стропування на монтажному кресленні насосного агрегата

2.12 Пробний пуск та випробування насосної установки

Пробний пуск та випробування насосної установки проводять у присутності відповідального керівника згідно з інструкціями заводів-виробників насоса та електродвигуна.

Насоси, призначені для перекачування вогнебезпечних та отруйних речовин або змонтовані у вибухонебезпечному приміщенні, до моменту проведення пускових випробувань повинні бути оснащені спеціальним захисним та протипожежним обладнанням. Перелік такого обладнання оговорюється у проекті.

Перед **пробним пуском** насосного агрегата упродовж двох годин обкатують двигун. Обкатування проводиться із роз'єднаною муфтою. Під час обкатування забезпечують постійний нагляд за роботою двигуна і контроль за нагріванням підшипників та корпусу. Температура підшипників після двох годин роботи не повинна перевищувати 65 °С. Після обкатування півмуфти валів насоса і двигуна з'єднують та виконують пробний пуск агрегата.

Насоси, призначені для перекачування гарячих рідин, перед пуском повинні бути прогрітими до температури, близької до температури перекачуваної рідини. Допустима різниця у температурі – не більше 40 °С.

Як правило (якщо відсутні особливі вказівки в інструкції), насоси запускають при повністю відкритих засувках на всмоктувальному трубопроводі. Перед пуском виконують випробування, промивання та регулювання систем змащування, видаляють повітря з насоса та всмоктувального трубопроводу, перевіряють стан підшипників.

Перед пуском перевіряють також дію запірної і регулювальної арматури, наявність та правильність встановлення контрольно-вимірних приладів та їх положення.

Під час першого пуску необхідно стежити за динамікою нагрівання підшипників насоса, електродвигуна та його корпусу. Температуру можна вважати усталеною, якщо під час

роботи з повним навантаженням вона не змінюється упродовж 2 – 3 годин. Причиною перегріву підшипників може бути забруднення мастила, погана пригонка поверхонь підшипників ковзання, недостатній або занадто високий рівень мастила тощо. Вони перегріваються також при надто щільному запресовуванні в корпус.

Під час пробного пуску агрегата перекачувану рідину подають на злив по обвідному трубопроводу. Якщо проектом обвідний трубопровід не передбачено, то прокладають тимчасовий трубопровід. Постійний напірний трубопровід вимикають.

Тривалість пробного пуску різна для різних типів насосів. За відсутності спеціальних вказівок у проекті або інструкції заводу-виробника пробний пуск вважають закінченим, якщо упродовж двох годин була забезпечена стійка робота насоса.

Випробування насосного агрегата під навантаженням починають після досягнення позитивних результатів пробного пуску. Як правило, насосні агрегати випробовують кожний окремо. В особливих випадках (за вимогами технології виробництва) насоси випробовують групами або поєднують із комплексним випробуванням обладнання об'єкта.

Під час випробувань насосного агрегата визначають його подачу, напір та потужність. Тривалість пускових випробувань повинна відповідати вимогам інструкції заводу-виробника.

Результати випробувань оформлюються актом, який є основою для здачі насосної установки в експлуатацію.

2.13 Здавання насосної установки в експлуатацію

До здавання надається повністю змонтоване, випробуване під навантаженням обладнання насосної установки.

Приймальна комісія призначається замовником. У наказі по підприємству зазначаються склад комісії та її керівник. Під час роботи комісія ознайомлюється з технічною документацією, оглядає обладнання, оцінює якість виконаних робіт, перевіряє відповідність обладнання проекту та його роботу, а також правильність монтажу трубопроводів, їх кріплення тощо.

Монтажна організація повинна надати робочій комісії журнал виконання робіт, акти ревізії та випробування арматури, сертифікати на труби та електроди, копії посвідчень зварників, які виконували роботи, журнал зварних робіт, схеми розміщення зварних стиків для ізольованих трубопроводів із прив'язкою їх до постійних предметів, акти на приховані роботи, акти гідравлічного випробування та промивання трубопроводів.

Рішення робочої комісії оформлюється актом здавання-приймання. До акта здавання насосного агрегата в експлуатацію додаються акти приймання фундаменту під насосний агрегат (або групу насосних агрегатів); акти та формуляри проміжних перевірок та контролю для насосів, складання яких виконувалося на місці монтажу; акти випробування насосного агрегата (або групи агрегатів) під робочим навантаженням; комплект робочих креслень зі змінами, внесеними у процесі монтажу; перелік документів, що дозволяють відхилення від робочих креслень.

2.14 Основні правила техніки безпеки під час монтажу насосних установок

Під час виконання монтажних робіт умови праці й заходи з техніки безпеки повинні відповідати вимогам чинних стандартів.

На майстра, який безпосередньо керує виконанням робіт, покладають такі обов'язки:

- здійснення правильного та безпечного ведення робіт;
- інструктаж робітників із техніки безпеки на робочому місці;
- контроль за застосуванням та правильним використанням робітниками спецодягу та індивідуальних захисних засобів, за забезпеченням місць попереджувальними написами та плакатами;
- систематичний нагляд за станом риштування, захисних пристроїв;
- регулярна перевірка чистоти та порядку на робочих місцях, у проходах та на під'їзних шляхах;
- забезпечення достатнього освітлення робочих місць;
- постійний контроль за наявністю та справністю первинних засобів пожежогасіння, а також за наявністю засобів надання першої медичної допомоги потерпілим.

До проведення робіт із монтажу насосних установок допускаються особи, призначені на цю роботу наказом керівника організації та які пройшли інструктаж із техніки безпеки. Перебування на монтажній площадці осіб, не пов'язаних безпосередньо із виконанням робіт, забороняється.

Під час виконання навантажувально-розвантажувальних робіт у зоні дії механізмів забороняється перебувати особам, які не беруть участі у їх виконанні. До роботи на механізмах допускаються особи, які пройшли навчання та отримали посвідчення на право обслуговування цього типу механізмів. Усе такелажне обладнання (троси, стропи, канати, гаки, блоки тощо) за вантажопідйомністю

повинно відповідати вантажу, що підіймається, та бути випробовуваним пробним навантаженням. Придатне до роботи такелажне обладнання повинно бути зареєстрованим у спеціальній книзі, куди заносяться: найменування, місце та дата придбання, номер паспорта, завод-виробник, технічна характеристика, вантажопідйомність, матеріал, розмір, дата випробування, термін повторного випробування, записи про ушкодження та ремонти.

Усі відповідальні роботи, як правило, повинні виконуватися у присутності та під безпосереднім керівництвом майстра або виконавця робіт.

Під час стропування і обв'язування вантажів заборонено допускати псування деталей і їх фарбування. Зачіпляти стропи необхідно за спеціально передбачені скоби, вушка, рим-болти тощо (рис. 2.26).

Під час обв'язування вантажів необхідно стежити, щоб стропи не перекручувалися і не мали перегинань. Під обв'язування на гострі кромки (виступи) вантажу необхідно накладати запобіжні дошки. Для запобігання зісковзуванню з гака підйомного механізму канати закріплюють петлею.

Підв'язавши та зачепивши вантаж, його підіймають, відриваючи повністю від основи (підлога, ґрунт). Якщо при цьому вантаж нахиляється, його опускають і укорочують стропу з боку, який нахилився, або подовжують із протилежного. Вантаж підіймають без ривків та розгойдувань.

Опускають вантаж повільно, обережно; коли вантаж торкнеться призначеного для нього місця, злегка послаблюють стропи та, впевнившись у тому, що вантаж зайняв визначене місце, що його положення стійке, відчіпляють вантаж та знімають стропи.

Під час виконання електрозварювальних робіт кожен робітник, який бере участь у монтажних роботах, повинен бути проінструктований про шкідливий вплив на зір та шкірний покрив ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання, що виділяються у процесі електрозварювання. Особи, які

отримали опіки від зварювальної дуги, повинні бути направлені у лікарню для надання допомоги.

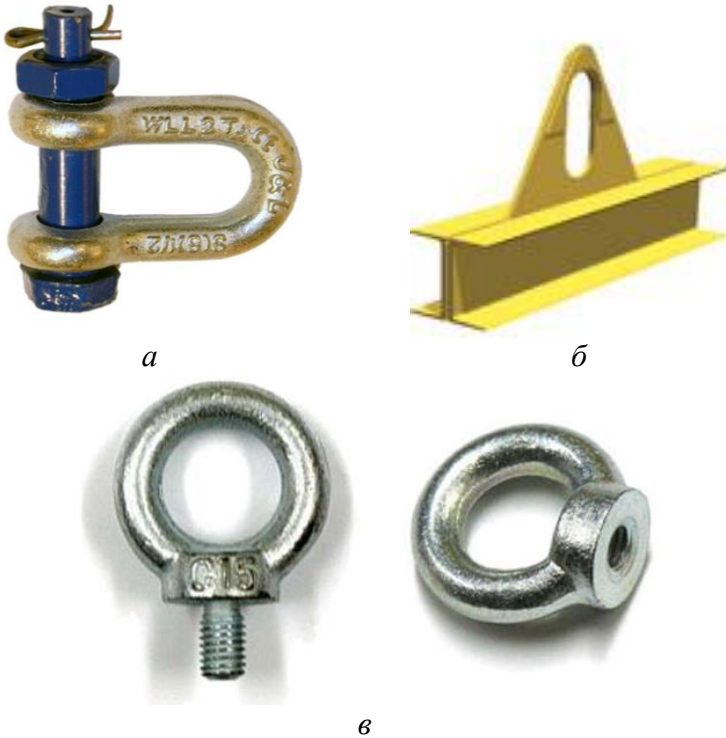


Рисунок 2.26 – Пристрої для зачеплення строп:
а – скоба; б – вушко; в – рим-болт та рим-гайка

Електрозварник та його помічник повинні мати засоби індивідуального захисту: щиток або шолом зі спеціальним склом, захисні рукавиці, захисні окуляри для захисту від шлаку та уламків, що утворюються під час зачищування шва, спецодяг згідно з чинними нормами. Під час роботи у закритих ємностях зварнику видається гумовий шолом.

Під час виконання зварювальних робіт корпус електрозварювального обладнання, а також зварювальні вироби або конструкції повинні мати заземлення.

Застосування газового зварювання та різання металу в монтажних умовах пов'язане з підвищеною небезпекою виникнення нещасних випадків та пожежі. Аналіз основних нещасних випадків показує, що ними є:

- вибухи кисневих балонів унаслідок їх контакту з мастилом або жиром;
- вибухи кисневих балонів та балонів із горючими газами унаслідок їх ударів, падіння, нагріву до високої температури від джерел тепла;
- вибухи ацетиленових генераторів унаслідок загоряння ацетилену від джерела відкритого вогню;
- вибух барабанів із карбідом кальцію унаслідок порушення їх герметичності або неправильного розкриття;
- займання кисневих шлангів від іскор або при зворотних ударах;
- опіки тіла та захворювання очей унаслідок порушення правил користування спецодягом та захисними засобами;
- виникнення пожеж, викликаних наявністю на місці проведення робіт легкозаймистих та горючих матеріалів.

Під час виконання монтажних робіт на висоті монтажники забезпечуються додатковими засобами індивідуального захисту: монтажним поясом, шоломом тощо.

До виконання монтажних робіт на висоті допускаються особи, які пройшли медичний огляд.

Якщо необхідно проводити роботи одночасно на двох або більше ярусах на одній вертикалі, то вони повинні виконуватися із використанням спеціальних майданчиків та навісів, що попереджують падіння предметів. Якщо рихтування призначені для виконання з них зварних робіт, то у їх конструкції повинні бути передбачені заходи, що попереджують їх загоряння від іскор та бризок металу.

Випробування технологічного обладнання та трубопроводів повинно виконуватися під керівництвом інженерно-технічного працівника монтажної організації та у

присутності представника замовника. Перед випробуванням необхідно проінструктувати усіх учасників випробувань, перевірити кріплення обладнання, яке випробовується, стан ізоляції та заземлення електрообладнання, переконатися у справності контрольно-вимірювальних приладів, забезпечити безпеку людей, які працюють на сусідніх ділянках, закрити доступ стороннім особам до зони випробувань.

Під час гідравлічного випробування тиск у системі необхідно збільшувати поступово та рівномірно, з постійним контролем за показаннями приладів. Трубопроводи оглядають спеціально призначені та проінструктовані особи після зниження тиску у системі до робочого. Підвищення тиску під час огляду заборонене.

Контрольні питання

- 1 З якою метою розробляється план виконання монтажних робіт?
- 2 Порядок перевірки та приймання фундаментів під монтаж насосного обладнання.
- 3 Види та призначення фасонних деталей трубопроводу.
- 4 Види та призначення арматури.
- 5 Які матеріали використовуються для виготовлення прокладок та сальникової набивки? Сфери їх застосування.
- 6 Порядок підготовки насосного та допоміжного обладнання до монтажу.
- 7 Способи кріплення агрегатів до фундаменту.
- 8 З якою метою та у який спосіб проводиться центрування агрегатів?
- 9 Які характерні помилки під час монтажу всмоктувального трубопроводу?
- 10 Особливості монтажу контрольно-вимірювальної апаратури.
- 11 Які підйомні механізми та пристрої використовують під час проведення монтажу?

3 Експлуатація насосних установок

3.1 Організація експлуатаційної служби

Надійність та ефективність роботи насосної установки забезпечується високим технічним рівнем проектних рішень, високою якістю будівельно-монтажних робіт, довершеністю конструкції та високою якістю виготовлення насосного та комплектуючого обладнання, чіткою організацією експлуатаційної служби. Надійна робота насосної установки забезпечується постійним підтримуванням справного стану обладнання, трубопроводів, арматури та приладів. Порядок і режим експлуатації насосної установки обумовлюються її призначенням.

Керівництво експлуатацією здійснює відповідальна особа з інженерно-технічних працівників служби головного механіка або головного енергетика. До обов'язків відповідальної особи належать систематичний контроль за роботою обслуговуючого персоналу, прийняття оперативних рішень із зміни режимів роботи обладнання, забезпечення безпечної експлуатації насосної установки.

У приміщеннях насосної станції повинні бути вивішені інструкції з експлуатації обладнання та схеми насосної установки. В інструкціях повинні бути зазначені права та обов'язки обслуговуючого персоналу, послідовність операцій під час пуску та зупинення обладнання, режими роботи насосних агрегатів, способи усунення характерних несправностей, що виникають у роботі обладнання, техніка безпеки та протипожежні заходи.

До обов'язків обслуговуючого персоналу належить таке:

- здійснення експлуатаційного режиму відповідно до інструкцій, розроблених керівництвом підприємства та паспортами обладнання, виданими заводами-виробниками;
- здійснення систематичного догляду за працюючим обладнанням;

- своєчасне виконання усіх видів ремонтних робіт, передбачених графіком;
- ведення експлуатаційного журналу насосної станції.

Особа, яка обслуговує насосну установку, повинна знати будову насосного агрегата, принцип його роботи, призначення та розміщення усієї запірно-регулювальної арматури та контрольно-вимірювальних приладів.

Персонал насосної станції повинен вжити оперативних заходів у разі виявлення несправностей у роботі насосної установки. Характерні несправності та способи їх усунення наведені у таблиці 3.1.

В усіх випадках виявлення у роботі насоса відхилень від норм необхідно провести ретельні зовнішній огляд та обстеження його роботи на різних режимах. Якщо за зовнішніми ознаками установити причину несправності неможливо, то необхідно розпочати його розбирання.

Таблиця 3.1 – Характерні несправності та способи їх усунення

<i>Несправність</i>	<i>Причина</i>	<i>Спосіб усунення</i>
Після пуску (за показаннями приладів) насос не подає рідину	Несправність приладів. Скупчення повітря у всмоктувальному трубопроводі. Несправність приймального клапана. Недостатня глибина занурення приймального клапана. Засмічення робочих каналів колеса. Неправильний напрям обертання вала насоса. Обривання шиберів напірної або всмоктувальної засувки. Не обертається вал насоса внаслідок	Перевірити прилади; несправні замінити. Зупинити насос; виконати повторне заливання. Відремонтувати або замінити клапан. Забезпечити необхідну глибину занурення. Розібрати насос, прочистити колесо. Змінити напрям обертання електродвигуна. Відремонтувати засувку. Відремонтувати муфту.

Продовження табл. 3.1

Несправність	Причина	Спосіб усунення
	несправності муфти. Нещільність всмоктувальної лінії.	Усунути нещільність.
Припинення або значне зменшення подачі під час роботи	Проникнення повітря через сальники внаслідок засмічення каналів гідравлічного ущільнення. Скупчення повітря у всмоктувальному трубопроводі, оскільки приймальний клапан не занурений у рідину. Засмічення приймальної сітки. Перевищення висоти всмоктування. Засмічення каналів робочого колеса. Збільшення опору напірного трубопроводу.	Прочистити канали. Забезпечити занурення або зупинити насос до надходження рідини. Прочистити сітку. Зупинити насос до надходження рідини. Розібрати насос, прочистити колесо. Перевірити справність арматури та місця можливого засмічення трубопроводів.
Зменшення напору в процесі роботи насоса	Розрив напірного трубопроводу. Наявність повітря у рідині.	Визначити місце розриву та усунути витікання. Визначити місце проникнення повітря, усунути несправність.
Перегрів електродвигуна	Підвищення або зниження напруги у електромережі понад норму. Перевищення потужності електродвигуна внаслідок великої подачі насоса. Механічні ушкодження насоса або електродвигуна.	Перевірити напругу, усунути відхилення. Обмежити подачу; виконати перевірку обчислення потужності; за необхідності замінити електродвигун. Перевірити вузли агрегата; усунути несправності.

Продовження табл. 3.1

<i>Несправність</i>	<i>Причина</i>	<i>Спосіб усунення</i>
Перегрів електродвигуна	Тертя колеса об передню кришку консольного насоса внаслідок осьового зміщення вала	Забезпечити необхідний осьовий зазор; перевірити правильність складання
Насос після ремонту не забезпечує паспортну подачу	Неправильне складання	Розібрати насос; перевірити правильність складання
У процесі експлуатації насоса подача та напір поступово зменшилися	Збільшення зазору між колесом та ущільнювальними кільцями. Знос лопатей робочого колеса.	Замінити кільця. Замінити або реставрувати робоче колесо.
Виникнення вібрації під час роботи	Ослаблення кріплень насоса або електродвигуна. Порушення центрування валів. Надмірний знос підшипників або їх поломка. Ослаблення кріплення робочого колеса на валу. Дисбаланс робочого колеса внаслідок потрапляння в один із каналів стороннього предмета. Ослаблення кріплення трубопроводу, внаслідок чого його маса передається на насос. Робота у режимі кавітації.	Відновити кріплення. Відновити центрування. Замінити підшипники. Відновити кріплення. Розібрати насос; видалити предмет. Відновити кріплення трубопроводу. Виявити причини; усунути їх.

3.2 Змащування підшипників насосного агрегата

Для змащування підшипників насосів застосовують рідкі мінеральні масла та консистентні мастила.

Рідкі масла (Індустріальна 20, Індустріальна 30, Індустріальна 45) вибирають залежно від числа обертів насоса.

Із консистентних мастил застосовують солідоли (робоча температура до 70 °С) та літоли (робоча температура до 130 °С).

У процесі експлуатації рекомендується через кожні 300 годин роботи рідке масло з насоса повністю зливати, а ванну промивати гасом. Залишки гасу змивають невеликою кількістю масла, після стікання якого заливають свіже масло за рівнем.

Консистентне мастило замінюють кожні 3 – 5 місяців залежно від інтенсивності та умов роботи насоса.

Рівень масла у ванні при рідкому змащуванні при швидкості обертання вала до 200 об/хв. повинен бути не вищим від центра нижньої кульки або ролика, при більших числах обертів рівень масла повинен лише торкатися кульки або ролика. Підвищений рівень масла погіршує роботу підшипників та призводить до їх перегріву.

3.3 Догляд за ущільненнями насоса

Надійність та ефективність роботи насоса значною мірою залежать від роботи його ущільнень.

У процесі експлуатації за сальниками повинен здійснюватися постійний кваліфікований догляд. Правильна робота сальника забезпечується правильним складанням його вузла та своєчасним підтягуванням у міру вироблення набивки. Складання необхідно виконувати відповідно до інструкції та креслення заводу-виробника.

Тип та розмір перерізу шнура сальникової набивки повинні відповідати кресленню. Під час складання шнур вкладають окремими кільцями з косим розрізом (рис. 3.1). Для цього шнур намотують на оправку, діаметр якої дорівнює діаметру шийки вала або захисної втулки, та розрізають під кутом до осі оправки. Для запобігання поздовжній щілині у сальнику стики кілець взаємно зміщують уздовж кола на третину оберту.

Товщину набивки розраховують залежно від діаметра вала d :

$$b = (1,5 - 2,5) \cdot \sqrt{d}.$$

Кінцевий розмір набивки вибирають згідно з рекомендованим стандартним рядом: 4, 6, 8, 10, 12, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, 45, 50 мм.

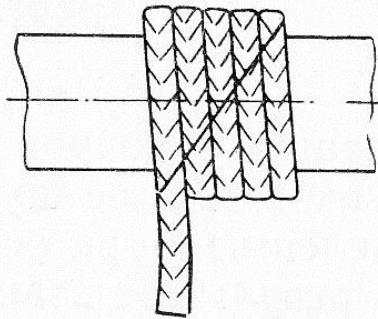


Рисунок 3.1 – Виготовлення кілець для сальникової набивки

У процесі складання вузла сальника спочатку закладають декілька кілець сальникової набивки, потім встановлюють кільце гідравлічного ущільнення, знову закладають кільця набивки, і усе це затягують натискною буксою, яка щодо осі вала не повинна мати перекосу і тертися об нього. Сальникова набивка не повинна потрапити у кільцевий зазор між корпусом сальника та натискною буксою. Кінцеве затягування сальника виконують під час опробування насоса.

Кільце гідравлічного ущільнення необхідно встановлювати так, щоб його передній зріз знаходився на осі отвору для підведення води до сальника. Таке положення кільця гарантує добрий доступ води у гідравлічне ущільнення, оскільки при затягуванні сальника кільце, переміщаючись в осьовому напрямку, найкраще буде запобігати закупорюванню отвору набивкою.

3.4 Боротьба з шумом та вібрацією насосного агрегата

Робота насосного агрегата, як і іншої машини, супроводжується шумом та вібрацією. Шуми за своїм походженням можуть бути поділені на три основні категорії: механічні, що виникають у результаті взаємного тертя рухомих деталей; гідродинамічні, що виникають від тертя рідини об стінки насоса та труби, від дроселювання рідини та при кавітації; шуми, що супроводжують взаємодію полів електродвигуна.

Через повітря, трубопроводи та будівельні конструкції шум працюючого агрегата передається у суміжні приміщення. Шум на виробництві негативно впливає на здоров'я людей, призводить до швидкого стомлювання та зниження продуктивності праці. Вплив шуму на організм людини залежить від його частоти та потужності. Нормовані значення гранично допустимих рівнів звукового тиску визначаються санітарними нормами.

Вібрація, що виникає під час роботи насосного агрегата, також шкідливо впливає на стан робітників. Допустима величина вібрацій працюючої машини обмежується такими значеннями:

Швидкість обертання ротора, об/хв	250	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
Амплітуда коливань, мм	0,18	0,14	0,09	0,075	0,065	0,06	0,052	0,048	0,045	0,042

Під час проектування насосних установок розробляються заходи боротьби з шумом та вібрацією. Стіни та стелю вбудованої насосної станції обшивають звукоізолювальним матеріалом. Насосні агрегати встановлюють на віброізолювальні основи (рис. 3.2). Всмоктувальний та напірний трубопроводи приєднують до насоса через гнучкі вставки у вигляді напірного гумового рукава довжиною 900 – 1200 мм. У місцях проходження трубопроводів через будівельні конструкції встановлюють ізоляційні прокладки із м'якої листової гуми, азбестового шнура або повсті, провареної у бітумі. Між

трубопроводами та підтримувальними конструкціями встановлюють ізолювальні прокладки із м'якого матеріалу.

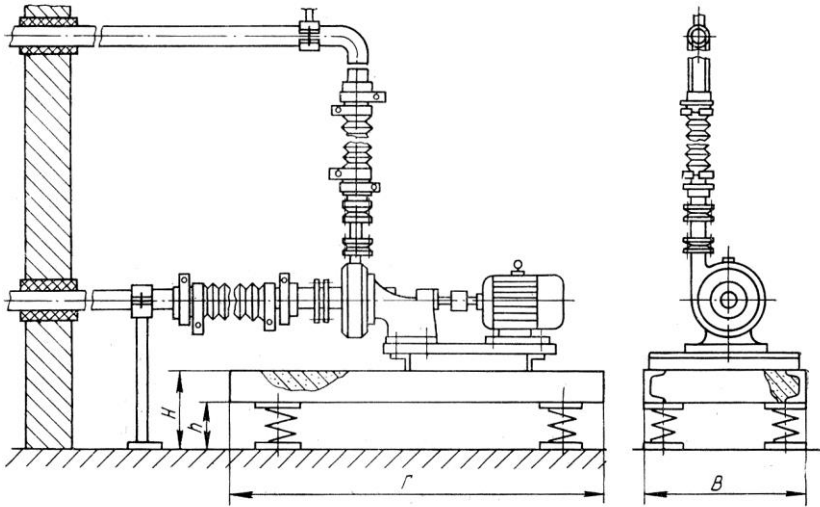


Рисунок 3.2 – Віброізолювальна основа для насосів типу К

3.5 Техніка безпеки під час експлуатації насосних установок

Основні правила техніки безпеки під час експлуатації насосних агрегатів повинні забезпечувати безпечність роботи.

До експлуатації насосів допускаються лише кваліфіковані механіки та слюсарі, які знають конструкцію насосів, мають певний досвід з обслуговування, ревізії, ремонту, перевірки або випробувань насосів і склали іспит на право обслуговування цього обладнання.

У приміщенні насосної станції на видному місці вивішуються інструкція з техніки безпеки та детальна інструкція з обслуговування обладнання, його пуску та зупиненні в нормальних та аварійних умовах роботи. Також повинна бути вивішена схема водопровідної та електричної комунікацій із позначенням вентилів, засувок, апаратури.

Обслуговуючий персонал повинен вміти надавати першу допомогу постраждалим від електричного струму, знати правила надання першої допомоги при опіках та пораненнях.

Електрообладнання та електроапаратура повинні бути надійно заземлені. Усі рухомі частини агрегата повинні бути надійно огорожені спеціальними знімними кожухами. Переходи та містки повинні бути оснащені перилами.

В електророзподільних пристроях та щитах повинні бути в необхідній кількості набір попереджувальних плакатів, комплекти переносних заземлень, ізольовані штанги, індикатори напруги, гумові килимки, гумові чоботи та рукавиці.

Освітлення насосних станцій повинно забезпечувати можливість правильного та безпечного обслуговування агрегата. Переносні електролампи допускаються лише низької напруги (12 В).

Персонал, пов'язаний з електричними пристроями насосної станції, повинен знати та виконувати правила безпеки під час експлуатації електричних пристроїв станцій та підстанцій. Виправлення, ремонт, змащування електродвигунів і насосів на ходу, підтягування болтів на рухомих деталях і на трубопроводах, що перебувають під тиском, забороняються.

Підлоги та сходи повинні постійно підтримуватися у чистоті. Вентиляція повинна забезпечувати у приміщенні чисте повітря і температуру не вище від 35 °С. Мінімальна температура в насосній станції повинна бути на нижчою від 10 °С.

3.6 Експлуатація трубопроводів

Основними вимогами, що ставляться до трубопроводів, є міцність та герметичність.

Обслуговування трубопроводів здійснюється шляхом їх огляду оперативним персоналом. Під час огляду перевіряють: відсутність вібрацій трубопроводу та опорних конструкцій, стан опор, щільність фланцевих з'єднань та арматури, величину подовження за встановленими реперами (для гарячих трубопроводів).

Поточний ремонт трубопроводів виконують спільно з ремонтом основного та допоміжного обладнання. Одночасно з трубопроводами здійснюють ремонт усієї встановленої арматури та контрольно-вимірювальних приладів.

Гідравлічне випробування трубопроводів виконують тиском, що дорівнює 1,25 робочого, який витримують протягом 5 хвилин. Потім тиск у трубопроводі знижують до робочого та виконують зовнішній огляд трубопроводу. Вважається, що трубопровід витримав випробування, якщо не відбулося падіння тиску за манометром і під час огляду не виявлено ознак розриву, протікання у зварних швах, трубах, корпусах арматури.

Трубопроводи та їх елементи, що мають температуру зовнішньої поверхні понад 45 °С, у місцях, доступних для обслуговуючого персоналу, повинні мати ізоляцію. Під час експлуатації трубопроводів необхідно стежити за цілісністю ізоляції, своєчасно виконувати її ремонт.

Одним із істотних елементів трубопроводів є арматура, експлуатації якої має бути приділена особлива увага. Під час експлуатації арматури найбільш часто спостерігається порушення її герметичності. Герметичність арматури залежить від обробки та притирки ущільнювальних поверхонь. Досвід експлуатації свідчить, що невеликий пропуск середовища (пари, води тощо) при закритій арматурі призводить до швидкого зношування внаслідок ерозії поверхонь, що контактують.

3.7 Зношування обладнання насосних станцій

Наявність розвинених кавітаційних явищ у тих або інших елементах проточної частини насоса призводить до кавітаційного руйнування поверхні його деталей. Інтенсивність кавітаційної ерозії залежить від форми кавітації, ступеня її розвитку та тривалості роботи насоса у кавітаційному режимі. Наявність у воді, що перекачується насосом, твердих домішок викликає абразивне руйнування його робочих органів. Інтенсивність цього виду руйнування визначається концентрацією твердих домішок, їх гранулометричним та мінералогічним складом, формою часток, матеріалом деталей насоса. При одночасній дії з кавітацією загальне зношування, як правило, збільшується.

Наслідки зношування насосів проявляються у два способи. По-перше, це погіршення енергетичних характеристик насосів (зниження напору та к. к. д.) та пов'язане з ним збільшення споживаної енергії. При цьому потрібно враховувати, що вартість електроенергії для насосних станцій досягає 90 % від загальних експлуатаційних витрат. По-друге, це значні витрати праці та матеріалів на ремонтні роботи з усунення наслідків зношування деталей проточної частини насосів.

Проведені дослідження та досвід експлуатації насосів різних типів дозволяють установити найбільш характерні елементи проточної частини насосів, що піддаються кавітаційній ерозії, абразивному руйнуванню та спільному кавітаційно-абразивному зношуванню.

Робочим органом відцентрових насосів, що найбільше піддається зношуванню, є лопатеве колесо. На рис. 3.3 *а* наведені зони руйнування лопатей та зовнішнього диска робочого колеса відцентрового насоса консольного типу, викликані кавітаційною ерозією та абразивним впливом твердих домішок. На рис. 3.3 *б, в* наведені зони руйнування елементів відцентрових насосів з робочими колесами відкритого типу та двостороннього входу.

Відводи відцентрових насосів піддаються лише абразивному зношуванню, при цьому максимальна інтенсивність зношування спостерігається у зоні розрахункового перерізу.

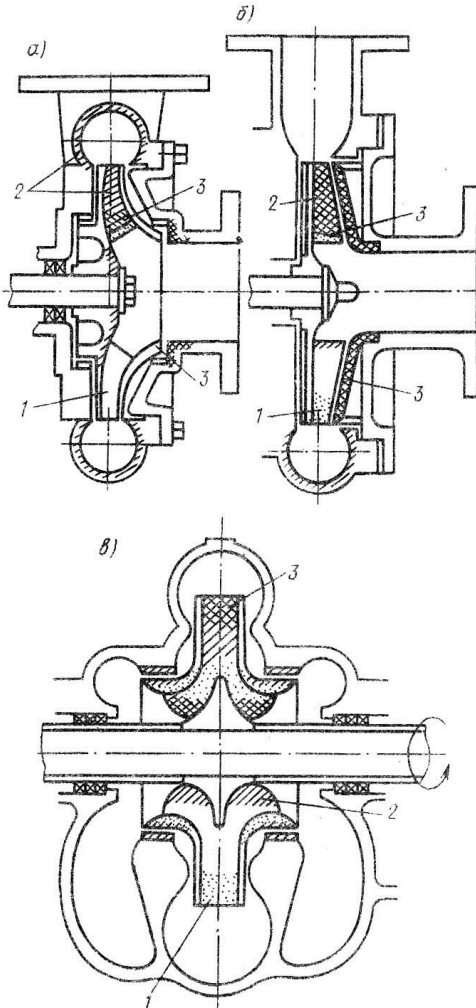


Рисунок 3.3 – Зони зношування робочих органів відцентрових насосів:

1 – область кавітаційної ерозії; 2 – область гідроабразивного зношування; 3 – область спільного кавітаційно-абразивного зношування

Характерні місця зношування робочих органів осьових насосів наведені на рис. 3.4. Найбільш сильному руйнуванню піддаються внутрішні поверхні камер робочих коліс. Унаслідок відриву потоку, що зумовлюється невідповідністю кута натікання потоку та кута встановлення лопатей, є можливим посилене руйнування лопаток випрямного апарату.

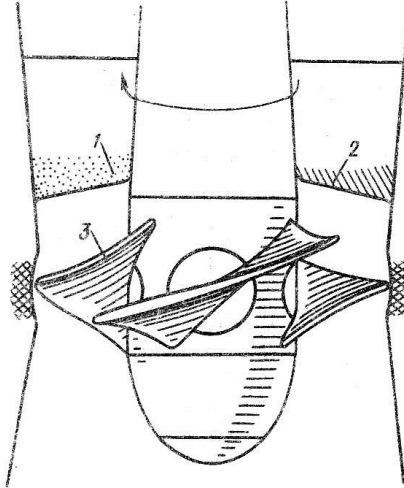


Рисунок 3.4 – Зони зношування робочих органів осьових насосів:
1 – область кавітаційної ерозії; 2 – область гідроабразивного зношування; 3 – область спільного кавітаційно-абразивного зношування

Контрольні питання

1 Обов'язки обслуговуючого персоналу під час експлуатації насосного обладнання.

2 Характерні несправності насосів під час роботи та способи їх усунення.

3 У який спосіб відбувається догляд за роботою підшипників та ущільнювальних вузлів насосних агрегатів?

4 Види та способи боротьби з шумом та вібрацією насосного обладнання під час його роботи.

5 Які основні заходи з техніки безпеки під час експлуатації насосів та установок?

6 Види та причини зношування елементів проточної частини насосів.

4 Ремонт насосів

4.1 Організація ремонтної служби

Для забезпечення надійної та безвідмовної роботи насосної установки необхідно організувати належний догляд та своєчасне усунення неполадок. Для цього на підприємстві, що експлуатує насосні установки, складають *річний графік планово-попереджувальних ремонтів* насосного обладнання. У графіку передбачаються види ремонтів та дати їх проведення. Під час його складання необхідно враховувати ступінь відповідальності агрегату, наявність резерву для заміни його на період ремонту, а також можливість виконання ремонтних робіт у процесі роботи підприємства.

Ремонт агрегатів виконує ремонтна бригада. Контроль за якістю та дотриманням техніки безпеки здійснює майстер або механік. Для якісного виконання робіт ремонтну бригаду необхідно згідно з графіком забезпечити матеріалами, запасними частинами, інструментом, підйомно-транспортними засобами тощо.

Залежно від обсягу робіт встановлені такі види ремонту: поточний огляд, середній, капітальний та аварійний.

Поточний огляд виконують залежно від конкретних умов один – двічі на тиждень. У процесі поточного огляду ретельно обстежують агрегат, перевіряють його змащення, набивку сальників, кріплення насоса та двигуна до фундаментної плити.

Середній ремонт насосних установок здійснює експлуатаційний персонал насосної станції. Під час середнього ремонту виконують повне розбирання насоса, чищення та промивання всіх деталей, ремонт або відновлення зношених деталей. Після складання виконують центрування валів насоса та електродвигуна, ремонтують і випробовують запірну арматуру та контрольно-вимірну апаратуру, ремонтують електродвигун, заміряють опір ізоляції його обмотки, перевіряють справність та заміряють опір контуру заземлення

насосної станції, оглядають прилади керування насосним агрегатом.

Капітальний ремонт насоса призначають за необхідності заміни або відновлення основних деталей насоса – робочого колеса, вала, корпусу тощо. Капітальний ремонт здійснює ремонтна служба підприємства в умовах майстерні або ремонтного цеху.

Аварійний ремонт є позаплановим. Під час такого ремонту усувають пошкодження, що виникли внаслідок аварії, або несправності, які можуть призвести до аварійної ситуації.

4.2 Розбирання насосів та контрольна перевірка деталей

Перед розбиранням насосного агрегата необхідно зафіксувати взаємне положення з'єднаних деталей шляхом їх маркування. Це полегшує подальше складання агрегату та виключає помилки. Наносити мітки на деталях можна за допомогою цифрового набору, а за його відсутності – керном.

Розбирання насосів починається із від'єднання їх від мережі та спорожнення від перекачуваної рідини.

Після від'єднання від мережі за необхідності насос знімають із фундаментної плити та виконують подальше розбирання. Кришку з насоса необхідно знімати за допомогою відтискних гвинтів. Робоче колесо, підшипники та інші напесовані деталі – за допомогою відповідних знімачів.

Кожну деталь насоса промивають, протирають та піддають ретельному огляду. Всі деталі, що мають дефекти або вироблення, направляють на ремонт або реконструкцію. Особливо ретельному контролю підлягають вал та робоче колесо насоса. За допомогою мікрометра перевіряють розміри шийок вала, на які напесовуються підшипники та робоче колесо. Перевіряють також розміри отворів під підшипники у корпусі насоса. Робоче колесо перевіряють також на ступінь зношування та відсутність тріщин.

Результати контрольного огляду та вимірювань деталей оформляють актом, що є основою для складання відомості обсягу робіт з ремонту насосного агрегата. На основі відомості розробляють календарний графік ремонту, визначають необхідність у матеріалах, трудомісткість і кількість працівників-ремонтників.

4.3 Ремонт та відновлення деталей

Унаслідок взаємодії з'єднаних поверхонь під впливом навантажень у процесі роботи обладнання відбувається зношування деталей – процес поступової зміни їх геометричних розмірів та форми, що характеризується відділенням частинок від поверхні матеріалу та залишкової деформації.

Деталі, що мають ознаки зношування, піддаються дефектації, яку проводять з метою виявлення їх технічного стану: деформацію та знос поверхонь, цілісність матеріалу, зміну властивостей та характеристик робочих поверхонь, цілісність форми.

Залежно від стану деталей відбувається їх сортування на деталі, придатні до подальшого застосування, не придатні та ті, що підлягають відновленню та ремонту.

У виробничих умовах розроблені та реалізовані десятки різних способів відновлення деталей. Вибір найбільш прийняттого способу полягає у технічному, економічному та організаційному аналізі вимог до відновлюваних деталей з урахуванням умов роботи, оснащення підприємств, забезпеченості матеріалами, енергією, робочою силою тощо.

Серед способів відновлення деталей можна виділити:

- зварювання;
- наплавлення;
- металізацію;
- газополуменеве нанесення порошкових матеріалів;
- гальванічні покриття;
- заливання рідким металом;
- застосування пластмас та клеїв;
- відновлення посадкових поверхонь та герметичності з'єднань;
- пластичну деформацію;
- паяні з'єднання;
- термічну та хіміко-термічну обробку металів та сплавів;
- перспективні способи відновлення деталей;

- зміцнювальну обробку.

Конкретних способів відновлення для даного типу насосів вибирають залежно від можливостей ремонтного цеху.

4.4 Балансування робочих коліс

Метою балансування робочого колеса є суміщення його центра ваги з віссю обертання. Порушення балансування може виникнути під час ремонту колеса, а також унаслідок його нерівномірного зносу. Незрівноважене колесо під час обертання викликає вібрацію вала, що призводить до передчасного зносу деталей та зниження к. к. д.

Після ремонту робочих коліс рекомендується проводити їх перевірне балансування. Необхідно, щоб центр ваги деталі, що обертається, знаходився на осі обертання. У разі незрівноваженості при осьовому обертанні деталь вібруватиме. При порушенні балансування відцентрова сила $F = mr\omega^2$ (m – маса деталі; r – відстань від осі до центра ваги; ω – кутова швидкість) викликає вібрацію колеса, що порушує правильну роботу машини.

Маса деталі m визначається за формулою

$$m = \frac{G}{g},$$

де G – вага деталі, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Вібрація колеса може бути причиною втрати потужності й передчасного виходу з ладу підшипників та інших деталей агрегату.

Існують два способи статичного балансування робочого колеса – на оправці та на кулі. У першому випадку вісь обертання колеса при балансуванні горизонтальна, у другому – вертикальна.

На рис. 4.1 показані паралельні бруси для балансування робочого колеса з оправкою. Для запобігання зминанню оправки при встановленні на паралельних брусах оправка виготовляється з високовуглецевої сталі, а поверхня її шліфується. Бруси встановлюються на плиті 1. Верхня стругана поверхня плити повинна бути горизонтальною. Стояки 2 встановлюються на плиті паралельно на такій відстані, щоб між ними вільно проходило робоче колесо. На стояку закріплюються гвинтами

дві лінійки 3 із загартованої сталі. Після встановлення пристрою перевіряють горизонтальність верхньої поверхні лінійок за допомогою рівнів у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

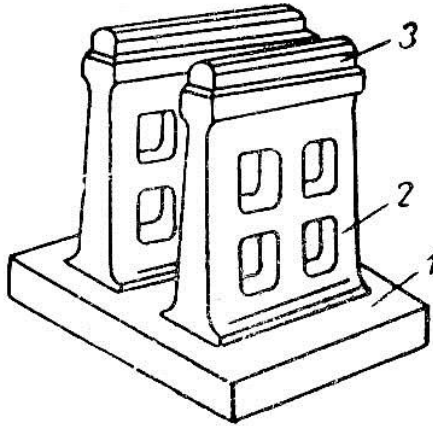


Рисунок 4.1 – Паралельні бруси для балансування робочого колеса:

1 – плита; 2 – стояки; 3 – лінійки

Для балансування на лінійки встановлюється оправка із закріпленим робочим колесом. Робоче колесо обертається під дією сили тяжіння на паралельних брусах доти, поки найбільш важка частина колеса не займе нижнє положення. Для зрівноваження необхідно з діаметрально протилежного боку колеса закріпити вантаж таким чином, щоб робоче колесо у будь-якому положенні залишалось у спокої. Відповідно до встановленої величини вантажу необхідно з найбільш важкої частини колеса зняти надлишкову масу або до протилежної частини прикріпити відповідний вантаж.

В обох випадках виходять з рівняння рівноваги

$$PR = Qr,$$

де P – зрівноважувальний вантаж;

R – відстань від осі обертання робочого колеса до центра ваги зрівноважувального вантажу;

Q – маса, що викликає дисбаланс робочого колеса;

r – відстань від осі обертання робочого колеса до центра ваги маси Q .

Після встановлення величини дисбалансу знімають надлишковий вантаж із більш важкого боку колеса шляхом механічного видалення металу з колеса у спеціально зазначених на кресленні місцях або шляхом кріплення додаткового вантажу з більш легкого боку колеса.

На рис. 4.2 наведена схема балансування робочих коліс на пристрої з шарикопідшипниками. На горизонтальній плиті 1 встановлені й закріплені стояки 2 із чотирма роликами 4 на шарикопідшипниках, що мають однакові діаметри. Відстань між осями 3 роликів повинна бути меншою за діаметр ролика, але більшою за діаметр оправки, на яку насаджене колесо, що балансується. Балансування та обробка колеса виконуються так само, як і при балансуванні на паралельних брусах.

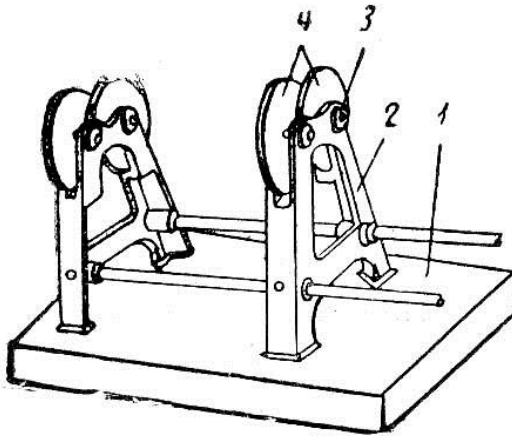


Рисунок 4.2 – Пристрій для балансування робочих коліс на роликах:

1 – плита; 2 – стояк; 3 – вісь; 4 – ролик

На рис. 4.3 зображена схема балансування робочого колеса на кулі у вертикальному положенні. На горизонтальній плиті 1 встановлений стояк 2 , на якому закріплена сталева загартована пластина 3 . Верхня поверхня пластини повинна

бути строго горизонтальною (перевіряється за допомогою рівня).

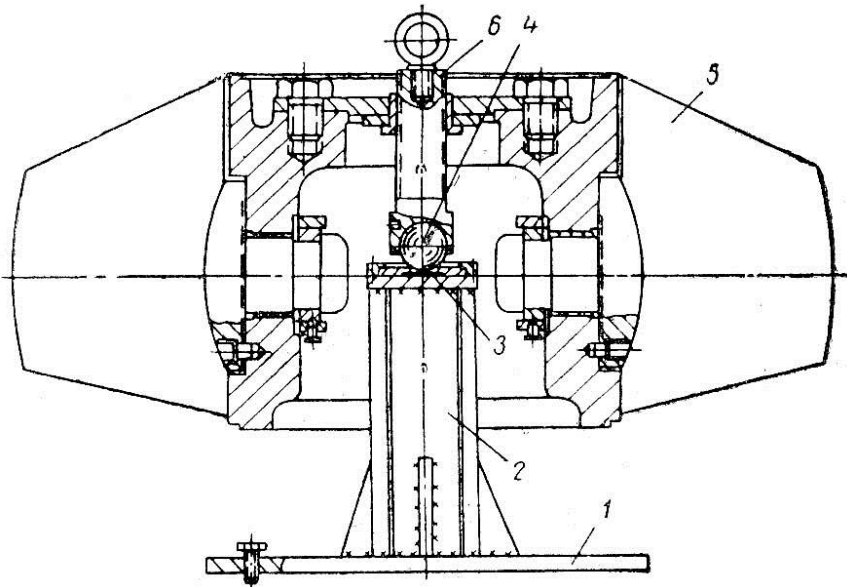


Рисунок 4.3 – Балансування робочого колеса на кулі:
 1 – плита; 2 – стояк; 3 – загартована пластина; 4 – куля;
 5 – колесо; 6 – оправка

Робоче колесо 5 надягають на оправку 6 із кулею 4 із загартованої сталі. Діаметр кулі визначається з розрахунку зусилля зминання пластини. Чим більша вага робочого колеса, тим більшим повинен бути діаметр кулі. При правильному зрівноваженні вісь робочого колеса має бути вертикальною при будь-якому положенні колеса.

Перевірку вертикальності осі робочого колеса можна виконувати за допомогою рівня, що встановлюють на торець втулки у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Більш точно вертикальність осі перевіряють за допомогою стояка з голкою. Стояк пересувають по плиті навколо нерухомого колеса, встановивши голку так, щоб вона ледве торкалась обода колеса. Можна також лишити голку нерухомою та обертати колесо навколо осі. Перевірку необхідно виконувати лише після того, як припиняться коливання, викликані поворотом колеса.

4.5 Складання насосів

Складання виконують у порядку, зворотному розбиранню. Починають складання з вузла вала. Підшипники кочення перед посадкою на вал рекомендується попередньо нагрівати до температури 80 – 85°C у киплячому машинному маслі. Для цього їх занурюють у невелику металеву посудину та підігрівають. Розігріті підшипники без зусиль насаджують на свої місця. Необхідно стежити за тим, щоб після насадки всіх деталей на вал та стягування їх гайками вони не мали осьового переміщення, оскільки під час роботи це може призвести до тертя робочого колеса об корпус.

У насосів типу Д необхідно звернути увагу на правильність установалення робочого колеса. Колесо має бути встановлене лопатями «назад». При встановленні колеса консольного насоса необхідно переконатись у достатній затяжці ковпачкової гайки.

Для забезпечення гідравлічної щільності корпусу насоса необхідно, щоб з'єднані поверхні у площині розніму були чистими та не мали забоїн і подряпин.

Важливе значення має якість прокладок. Товщина виготовленої прокладки повинна відповідати товщині заводської прокладки. Збільшення її товщини є грубим порушенням, оскільки призводить до збільшення зазору між колесом та ущільнювальними кільцями корпусу. В результаті к. к. д. насоса рідко знижується внаслідок перетікання рідини з напірної порожнини у всмоктувальну.

Для посадки на вал деталей необхідно застосовувати спеціальні надставки та вибивачі з міді або м'якої бронзи.

Правильно складений насос під тиском не повинен пропускати рідину в рознімах.

4.6 Ремонт і випробування арматури

У процесі експлуатації трубопровідна арматура, піддаючись дії середовища, що транспортується, виходить із ладу. Ущільнювальні поверхні руйнуються корозією, на них з'являються вм'ятини та подряпини внаслідок потрапляння між ними твердих частинок під час закривання. Така арматура не забезпечує необхідної щільності перекриття трубопроводів.

Ремонт арматури починають із зовнішнього огляду та визначення стану її деталей. Характерні несправності трубопровідної арматури й електроприводів та способи їх усунення наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Несправності трубопровідної арматури і електроприводів та способи їх усунення

Несправність	Можлива причина	Спосіб усунення
Арматура пропускає середовище при закритому запірному органі	1. Порушення герметичності у зв'язку зі зношуванням та пошкодженням (тріщини, відшарування, вм'ятини) ущільнювальних поверхонь корпусу та запірного органу (тарілки, клина, диска)	Розібрати, очистити, промити та провести дефектацію. Неглибокі задири, вм'ятини відшліфувати з подальшим притиранням. Тріщини, відшарування, глибокі задири та вм'ятини заварити. Проточити наплавлений шар із подальшим шліфуванням та притиранням. Вирізати та замінити ущільнювальні кільця (сідла, гільзи) з подальшим

Продовження табл. 4.1

Несправність	Можлива причина	Спосіб усунення
		притиранням
	2. Недостатнє зусилля на маховику (менше за розрахункове)	Збільшити зусилля на маховику до розрахункового
	3. Недостатній крутний момент, створюваний електроприводом	Перевірити налаштування муфти крутного моменту, напруження на вході, технічний стан електро-двигуна
Сальник пропускає воду	1. Недостатнє ущільнення сальникової набивки	Додати набивку та рівномірно підтягнути гайки відкидних болтів
	2. Зношення сальникової набивки	Замінити сальникову набивку
	3. Пошкоджена поверхня шпинделя (штоку) – корозійне зношення	Відшліфувати циліндричну поверхню з подальшим азотуванням та поліруванням
Головний запобіжний клапан не закривається	1. Обрив штока	Розібрати клапан та замінити шток
	2. Заклинювання ходової частини	Розібрати клапан. Перевірити сполучення основних деталей ходової частини. Під час складання особливу увагу приділити складанню сальникових ущільнень поршнів

Продовження табл. 4.1

Несправність	Можлива причина	Спосіб усунення
		та штока, щоб не зробити ці ущільнення занадто тугими
Пружинний запобіжний клапан не закривається	Поломка пружини	Розібрати клапан та замінити пружину
Під час перемикання привода на ручне керування маховик обертається вхолосту	Кулачки муфт не зчіплюються; кулачки муфт зламані; зірвана шпонка	Перевірити зчеплення муфт та шестерень вузла ручного керування, усунути несправності
Зусилля на маховику зростає настільки, що неможливо відкрити або закрити арматуру	Заїдання рухомих частин арматури або електродвигуна	Обертаючи маховики у протилежний бік, повторно закрити або відкрити. Якщо заїдання не усувається, з'ясувати причину та усунути несправність
Під час ходу стрілка покажчика не обертається	1. Несправність передачі від приводного вала до кулачкового валика вимикача	Перевірити передачу, усунути несправність
	2. Ослаблення гвинта, що стопорить диск зі стрілкою	Відкрити покажчик, зняти скло та підтягнути стопорний гвинт

Продовження табл. 4.1

Несправність	Можлива причина	Спосіб усунення
При натисненні на пускову кнопку двигун обертається вхолосту (а привід стоїть)	1. Електропривод не перемкнутий на електричне керування	Перевести електропривод на електричне керування
	2. Зрізана шпонка на черв'яку або на валу електродвигуна	Розібрати привід, з'ясувати причину та усунути
	3. Ослаблення стопорного гвинта, муфта на валу електродвигуна просунулася до підшипника	Зняти електродвигун, поставити муфту на місце та застопорити гвинтом
При натисненні на пускову кнопку електродвигун не обертається	1. Несправна мережа живлення	Перевірити живлення
	2. Не працює пускач	Перевірити справність пускача
	3. Немає напруження на щиті керування	Перевірити пускову апаратуру

Випробування арматури є останньою операцією у процесі її ремонту. В умовах ремонтної майстерні випробування виконують на гідравлічному стенді. Іноді в експлуатаційних умовах арматуру перевіряють за допомогою гасу, що допустимо під час випробування її на тиск до 8 кгс/см^2 .

Швидко та надійно можна випробувати арматуру за допомогою стисненого повітря. Для цього до засувки пригвинчують фланець зі штуцером під шланг. Засувку закривають, встановлюють вертикально і шлангом, надітим на штуцер, подають повітря тиском $2 - 3 \text{ кгс/см}^2$. З іншого боку в засувку заливають воду. Якщо після пуску повітря у воді не відмічається рух бульбашок повітря, щільність засувки можна вважати гарною. Якщо повітря проходить, то необхідно точно встановити, у якому місці.

4.7 Структурні схеми ремонтних циклів

Частиною розрахунку надійності обладнання є складання структурних схем ремонтних циклів, на підставі яких визначається зміст ремонтів і витрати запасних частин на весь термін експлуатації насосів.

Насосне устаткування підлягає проведенню поточних і капітальних ремонтів. Їх періодичність визначається структурною схемою ремонтів.

Вихідними даними для складання схем є:

- показники довговічності – середній ресурс R ;
- встановлений термін придатності $T_{np. в}$;
- коефіцієнт експлуатації K_e (відношення наробітку до календарного часу за той самий період).

Значення середнього ресурсу насоса беруть з додатка Г (він визначається за ресурсом елемента, для якого ресурс є максимальним), значення встановленого терміну придатності $T_{np. в}$ і коефіцієнта експлуатації K_e – згідно з додатком Д.

Визначається кількість основних робочих циклів протягом установленого терміну придатності насоса за формулою

$$n = \frac{T_{np. в} \cdot K_e \cdot 8760}{R},$$

де $T_{np. в}$ – встановлений термін придатності насоса, років;

K_e – коефіцієнт експлуатації насоса;

R – середній ресурс;

8760 год – річний фонд часу.

Основним ремонтним циклом вважається життєвий цикл насоса до капітального ремонту, що складається з проведення всіх ремонтних робіт. До проміжних регламентних робіт повинна входити і система ремонтів за потребою, тобто ремонти чи заміна елементів, що лімітують надійність насоса. Заміна відбувається при досягненні ними граничного стану.

Ремонти, при яких підлягають заміні елементи, що лімітують надійність і які ввійшли до розрахунку середнього наробітку на відмову насоса T_v , відносять до поточних.

При капітальному ремонті заміні підлягають базові елементи, що ввійшли у визначення ресурсу R .

Приклад структурної схеми основного ремонтного циклу наведений на рис. 4.4:

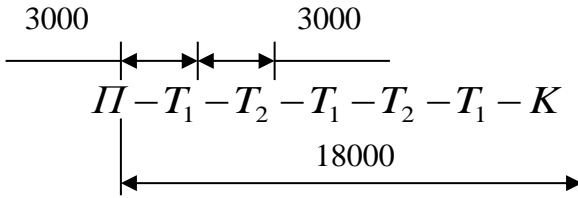


Рисунок 4.4 – Схема основного ремонтного циклу:
P – початок експлуатації; *T*₁, *T*₂ – поточні ремонти;
K – капітальний ремонт

Наробіток між ресурсами беруть за найменшим ресурсом одного з елементів насоса, що лімітують його надійність, (наприклад, сальникового ущільнення). За ресурсом інших елементів виконують коригування й остаточний вибір структурної схеми ремонтного циклу. Коригування може проводитися як за ресурсом окремих елементів, так і за календарними термінами (вони можуть бути обумовлені тривалістю сезону роботи підприємства, плановими термінами ремонту основного устаткування, календарним розподілом на півріччя, квартали тощо).

Під час поточних ремонтів відбувається заміна тих елементів, що забезпечують імовірність безвідмовної роботи насоса в міжремонтному періоді. Потрібно мати на увазі, що заміні можуть підлягати й елементи, надійність яких у даний момент досить висока. Вартість ремонту й експлуатації насоса в цьому разі збільшуються. Тому в кожному конкретному випадку необхідно, крім вимог надійності, враховувати й економічні показники.

В остаточній вибраній структурній схемі ремонтного циклу визначаються міжремонтні наробітки, календарні терміни й кількість ремонтів.

Потім складається повна структурна схема ремонтних циклів до списання насоса (закінчення терміну придатності).

Приклад структурної схеми повного ремонтного циклу наведений на рис. 4.5.

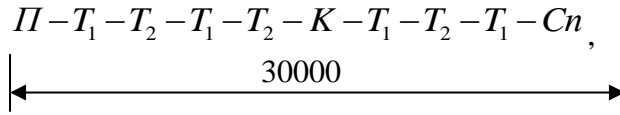


Рисунок 4.5 – Схема повного ремонтного циклу:

P – початок експлуатації насоса; *T*₁ – поточний ремонт (заміна елементів 1 і 2 насоса); *T*₂ – поточний ремонт (заміна елементів 1, 2, 3); *K* – капітальний ремонт (те саме, що при *T*₂, і заміна базового елемента); *Cn* – списання насоса (закінчення терміну придатності)

Виходячи з одержаної схеми повного ремонтного циклу насоса, визначають загальну кількість передбачених поточних і капітальних ремонтів: $n_{T_1}, n_{T_2}, \dots, n_K$.

За одержаною кількістю поточних і капітальних ремонтів розраховують кількість запчастин одного найменування на весь термін експлуатації насоса (шт.), наприклад сальникове ущільнення – 3 шт., робоче колесо – 4 шт., підшипники 1 комплект, корпус насоса – 1 шт. тощо.

Одержані дані заносять до технічної документації на насос.

Контрольні питання та задачі

- 1 Які існують види ремонтів обладнання та устаткування?
- 2 Способи ремонту та відновлення деталей.
- 3 З якою метою проводиться балансування робочих коліс насосів?
- 4 Порядок розбирання та складання насосів.
- 5 Основні несправності арматури та способи їх усунення.
- 6 Спосіб випробування арматури після ремонту.
- 7 Що таке структурна схема ремонтного циклу обладнання?
- 8 Яким чином можна визначити необхідну кількість ремонтних деталей упродовж життєвого циклу насоса?

Задача

Проаналізувати конструкцію та умови експлуатації насоса, розрахувати показники ремонтпридатності насоса, скласти структурну схему ремонтних циклів, визначити витрату запасних частин до насоса типу НМ (рис. 4.6).

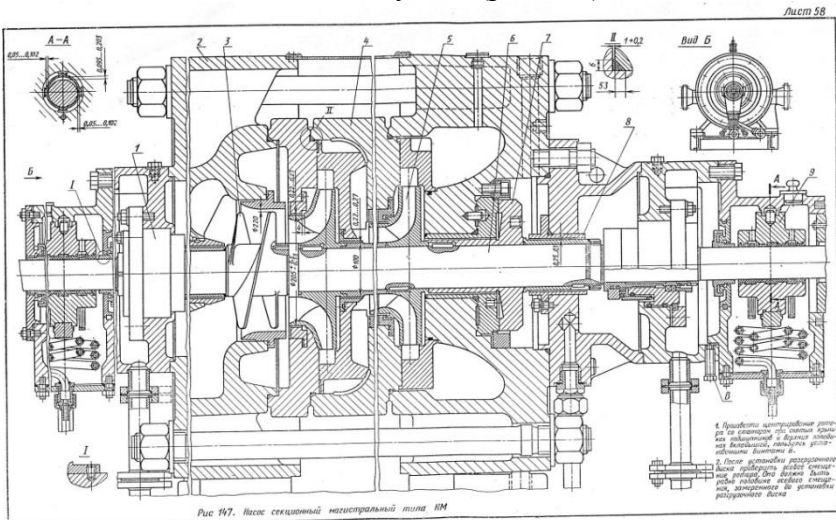


Рисунок 4.6 – Насос секційний магістральний типу НМ

Відцентрові нафтові магістральні насоси типу «НМ» призначені для транспортування магістральними трубопроводами нафти з температурою від 268 К (мінус 5 °С) до 353 К (80 °С), кінематичною в'язкістю не більше $3 \cdot 10^{-4}$ м²/с, вмістом механічних домішок не більше 0,05 % за об'ємом і розміром не більше 0,2 мм.

Корпус насоса складається з кришки вхідної, кришки нагнітальної та комплекту секцій, з'єднаних між собою стяжними шпильками. В стиках корпуса розміщені гумові ущільнювальні кільця. В секції на нерухомій посадці встановлені напрямні апарати й від провертання зафіксовані спеціальними гвинтами. Ротор насоса складається з вала, комплекту робочих коліс, деталей гідроп'яти та інших деталей. Перед робочим колесом першого ступеня встановлене шнекове колесо для зменшення кавітації. Робочі колеса наступних ступенів мають однакову форму проточної частини та трищільні передні ущільнення. Деталі ротора встановлені на вал на нерухомій посадці. Кінцеві ущільнення ротора торцевого типу. Опорами ротора слугують підшипники ковзання. Осьове зусилля сприймається гідроп'ятою. Осьові навантаження сприймають два шарикопідшипники, корпус яких прикріплений до торця корпуса підшипника з боку вільного кінця вала. Насос та електродвигун з'єднуються зубчатою муфтою з проставкою.

Проводимо аналіз конструкції насоса і вибір лімітуючих елементів.

Аналіз полягає у визначенні працездатності елементів насоса. Під час аналізу конструкції насоса виявляються елементи, що лімітують надійність насоса та їх взаємозв'язок у структурній схемі надійності. До лімітуючих елементів відносять елементи, через які може виникнути відмова насоса внаслідок процесу старіння, корозії, зносу, а також відмова яких може носити раптовий характер.

Дані заносимо до табл. 4.1.

Установлений термін служби насоса $T_{слр} = 20$ років.

Коефіцієнт експлуатації $K_e = 0,6$.

Визначаємо термін служби насоса в годинах:

$$T_{слг} = T_{слр} \cdot K_e \cdot 24 \cdot 365;$$

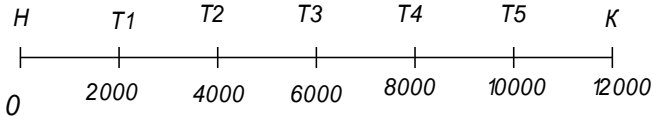
$$T_{слг} = 105120 \text{ год.}$$

Визначаємо число основних ремонтних циклів:

$$n = \frac{T_{слг} \cdot K_e \cdot 8760}{R};$$

$$n = 105120/12000 = 8,76.$$

Складаємо структурну схему основного ремонтного циклу:



Таблиця 4.2 – Лімітуючі елементи насоса типу НМ

№	Лімітуючі елементи	Ресурс R, год
1	Усмоктувальна кришка	12000
2	Напірна кришка	12000
3	Шнек	6000
4	Вал	12000
5.1 – 5.4	Секції	12000
6.1 – 6.4	Напрямні апарати	12000
7.1 – 7.4	Робочі колеса	6000
8	Гідроп'ята	6000
9.1 – 9.2	Підшипник ковзання	8000

Продовження табл. 4.2

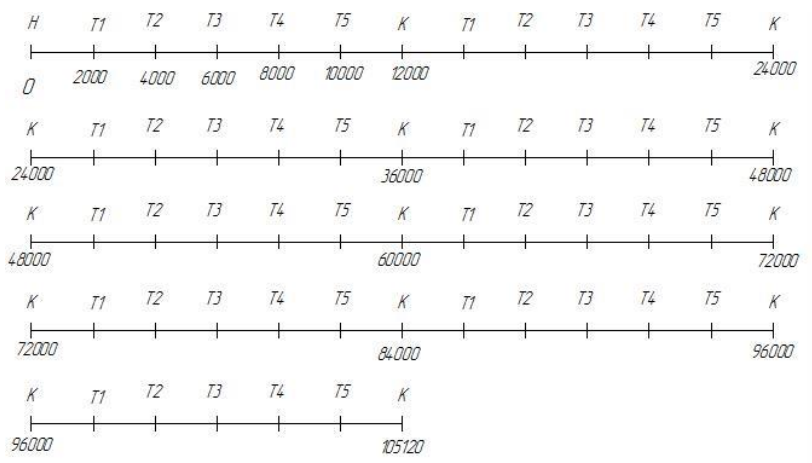
№	Лімітуючі елементи	Ресурс R, год
10.1 – 10.4	Кільце переднього ущільнення	6000
11.1 – 11.3	Міжступеневе ущільнення	6000
12.1 – 12.2	Торцеве ущільнення	2000
13.1 – 13.2	Щілинне ущільнення	2000
14.1 – 14.2	Сальникове ущільнення	2000
15	Зубчаста муфта	8000
16.1 – 16.2	Підшипник кочення	12000

Види та склад ремонтів з основного ремонтного циклу зазначені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вид та склад ремонту

Час і вид ремонту	Вузол, що замінюється
2000, T ₁	Торцеві ущільнення 12.1 – 12.2, щілинні ущільнення 13.1 – 13.2, сальникові ущільнення 14.1 – 14.2
4000, T ₂	Торцеві ущільнення 12.1 – 12.2, щілинні ущільнення 13.1 – 13.2, сальникові ущільнення 14.1 – 14.2
6000, T ₃	Торцеві ущільнення 12.1 – 12.2, щілинні ущільнення 13.1 – 13.2, сальникові ущільнення 14.1 – 14.2, шнек 3, робочі колеса 7.1 – 7.4, гідроп'ята 8, кільця переднього ущільнення 10.1 – 10.4, міжступеневі ущільнення 11.1 – 11.3
8000, T ₄	Торцеві ущільнення 12.1 – 12.2, щілинні ущільнення 13.1 – 13.2, сальникові ущільнення 14.1 – 14.2, підшипники ковзання 9.1 – 9.2, зубчаста муфта 15
10000, T ₅	Торцеві ущільнення 12.1 – 12.2, щілинні ущільнення 13.1 – 13.2, сальникові ущільнення 14.1 – 14.2
12000, K	Капітальний ремонт

Ураховуючи термін служби насоса, складаємо структурну схему повного ремонтного циклу:



Розраховуємо необхідну кількість запасних деталей упродовж експлуатації насоса.

Таблиця 4.4. – Кількість запасних частин насоса

№	Деталь	Кількість, штук
1	Усмоктувальна кришка	8
2	Напірна кришка	8
3	Шнек	18
4	Вал	8
5.1 – 5.4	Секції	8
6.1 – 6.4	Напрямні апарати	8
7.1 – 7.4	Робочі колеса	72
8	Гідроп'ята	18
9.1 – 9.2	Підшипник ковзання	26
10.1 – 10.4	Кільце переднього ущільнення	72
11.1 – 11.3	Міжступеневе ущільнення	54
12.1 – 12.2	Торцеве ущільнення	108

Продовження табл. 4.4

№	Деталь	Кількість, штук
13.1 – 13.2	Щілинне ущільнення	108
14.1 – 14.2	Сальникове ущільнення	108
15	Зубчаста муфта	13
16.1 – 16.2	Підшипник кочення	8

5 Експлуатація приводів

5.1 Технічне обслуговування гідроприводів

Гідроприводи є складовими частинами різних машин та технологічного обладнання, що експлуатуються відповідно до нормативної документації й прийнятої системи технічного обслуговування та ремонтів. Для того щоб технічне обслуговування проводилося кваліфіковано, необхідно знати будову та принцип дії привода, вміти читати гідравлічні схеми, аналізувати функціонування привода та його елементів і на основі аналізу встановлювати та усувати різні несправності.

Незалежно від призначення та місця встановлення привода перед його запуском необхідно виконати такі операції: перевірити рівень рідини у гідробаках та за необхідності зробити доливання, перевірити кріплення всіх агрегатів та елементів шляхом зовнішнього огляду, переконатись у відсутності витікання рідини у гідросистемі, перевірити роботу всіх гідромашин на холостому ходу та наявність тиску в зливній магістралі.

У кінці робочої зміни необхідно очистити штоки гідроциліндрів від пилу, бруду і льоду та втягнути їх всередину циліндра, встановити в нейтральне положення важелі керування, оглянути гідросистему та підтягнути з'єднання у місцях підтікання рідини.

Технічне обслуговування гідропривода передбачає обслуговування гідробаків, гідроліній, насосів та гідродвигунів, гідроапаратури та робочої рідини.

Основне завдання обслуговування гідробаків – виключення потрапляння всередину бака пилу, атмосферних осадів та інших сторонніх тіл. Для цього гідробак має бути закритим кришкою з прокладками для герметизації.

Відповідно до нормативно-технічної документації повинна проводитися заміна робочої рідини. Перед зливанням робочої рідини необхідно протягом кількох хвилин увімкнути та вимкнути гідродвигуни для того, щоб привести забруднювальні

частинки у підвішений стан. Для заправки гідробаків застосовуються лише штатні засоби. Під час експлуатації гідропривода, особливо у літній час, необхідно стежити за температурою рідини, що не повинна бути вищою 80 °С.

Обслуговування гідроліній полягає у їх зовнішньому огляді, підтягуванні деталей, з'єднань та усуненні витікання рідини. При зовнішньому огляді переконуються також у відсутності на поверхні трубопроводів ризик, задирів, ум'ятин та інших механічних пошкоджень. Не допускається скручування та защемлення гумових шлангів. У мобільних машинах необхідно огороджувати трубопроводи, щоб вони не чіплялися за навколишні предмети. Під час експлуатації гідропривода необхідно виключити виникнення у гідросистемі пікових тисків.

Необхідно регулярно здійснювати промивання гідроліній при заміні робочої рідини або після роботи насосів упродовж певного часу виконувати заміну фільтрів.

Обслуговування насосів полягає у підтриманні таких режимів та умов, які забезпечували б їх необхідні характеристики. З цією метою під час експлуатації не допускається перевищення тиску в напірній магістралі понад допустимий для цього насоса, перевищення температури рідини понад допустиму, робота при кавітаційних режимах та на забруднених рідинах. При першому запуску насоса необхідно спочатку послабити пружину напірного клапана, вручну повернути вал насоса на декілька обертів, запустити двигун та переконатись у правильності напрямку обертання вала насоса. Починати роботу необхідно при низькому тиску, і переконавшись у справності гідросистеми, налаштувати клапан на робочий тиск.

Під час роботи гідропривода стежать за плавністю обертання вала, відсутністю сторонніх шумів та витікання рідини крізь ущільнення, періодично перевіряють тиск у зливній лінії, а при тиску вище допустимого виконують заміну фільтрів. При всіх несправностях у насосі необхідно вимкнути його привід, від'єднати насос, злити рідину та встановити причини несправностей.

Обслуговування гідродвигунів полягає у регулярному зовнішньому огляді. При цьому звертають увагу на те, щоб штоки не мали забоїн та подряпин, на справність ущільнень, а за наявності несправностей своєчасно їх замінюють. Під час експлуатації у кінці роботи необхідно очищувати штоки від бруду, пилу, снігу та льоду, своєчасно підтягувати кріплення. У машинах, що працюють в умовах запиленого повітря, на штоки доцільно надягати захисні кожухи, що також захищають їх від механічних пошкоджень.

При довгій перерві у роботі гідроциліндри заповнюють рідиною для запобігання корозії.

Під час обслуговування гідродвигунів необхідно звертати увагу на плавність обертання вала, стан ущільнень та відсутність витоків і сторонніх шумів, на співвісність вала гідродвигуна та робочого органа, приєднаного до нього.

При першому запуску гідродвигуна потрібно переконатись у правильності приєднання до нього напірних, зливних та дренажних гідроліній.

Обслуговування гідроліній полягає у зовнішньому огляді та усуненні витоків рідини шляхом підтягування кріплень та заміни ущільнень.

Ущільнення замінюють за необхідності, й лише ті, що рекомендовані інструкціями.

Оператор, який обслуговує гідропривід, повинен знати робочий та максимальний тиски й під час експлуатації постійно стежити за показаннями манометрів.

Клапани та реле тиску регулюють за манометрами, розрахованими на тиск, що на 30 – 50 % перевищує максимальний тиск у гідросистемі. Для запобігання виходу з ладу манометрів їх необхідно під'єднувати через демпфувальні пристрої, запірні крани та вентилі.

Клапани регулюють лише при наладці гідросистем після виробництва або ремонту, по можливості уникаючи виконання цієї операції у процесі експлуатації. Коли тиск у гідросистемі перевищить установлене значення, вимикають привід насоса для з'ясування причин та усунення несправностей. Якщо під час

дросельного керування витрата рідини при фіксованому положенні дроселя зменшується, то це свідчить про засмічення його прохідних перерізів. Для усунення несправності необхідно декілька разів повністю відкрити та закрити дросель. Якщо засмічення не усувається, необхідно прочистити дросель.

Обслуговування фільтрів передбачає видалення відстою з корпусу, промивання фільтрувальних елементів (пластин, сіток, магнітів тощо) або заміну їх новими. Фільтрувальні елементи промивають чистим гасом або бензином із подальшим продуванням сухим повітрям. Паперові, картонні та тканинні фільтрувальні елементи при засміченні замінюють новими.

5.2 Технічне обслуговування робочих рідин

Робоча рідина у приводі передає енергію від джерела (насос, насосна станція) до споживача (гідродвигун, гідроциліндр), є змащувальним та протикорозійним середовищем, видаляє продукти зносу тертя, охолоджує гідросистему та виконує інші функції. Тому від її якості істотно залежить працездатність усіх агрегатів та елементів привода.

Вибір робочої рідини для гідропривода визначається діапазоном робочих температур, тиском у гідросистемі, швидкостями руху вихідних ланок гідродвигуна, конструкційними матеріалами та матеріалами ущільнень, особливістю експлуатації привода (кліматична зона, умови зберігання під час перерв у роботі, можливості заміни тощо). При цьому передусім ураховують умови роботи насосів.

Основні вихідні параметри для визначення типу робочої рідини:

- діапазон температур навколишнього середовища та характер змін температур у цьому діапазоні;
- максимальна можлива температура в сталому режимі роботи;
- тиск робочої рідини в гідроприводі;
- гранична тривалість експлуатації гідравлічної системи без заміни мастила;
- трудомісткість заміни мастила;
- властивість матеріалів, що застосовуються, зокрема в ущільненнях;
- вартість робочої рідини.

Мінімальну в'язкість робочої рідини, що відповідає максимальній температурі, встановлюють за допустимим зниженням об'ємного к. к. д. та за міцністю плівки рідини. Максимальну в'язкість, що відповідає мінімальній температурі, встановлюють за працездатністю насосів, яка характеризується заповненням їх робочих об'ємів або лімітом прокачування рідини.

Робочий тиск у гідросистемі та швидкість руху вихідної ланки гідродвигуна також впливають на вибір робочої рідини. Рухомі деталі багатьох гідроагрегатів виготовлюють без внутрішніх ущільнень, а їх герметичність забезпечується завдяки малим зазорам. Витоки робочої рідини у зазорах зростають із підвищенням тиску та зниженням в'язкості рідини. Вони знижують к. к. д. привода та збільшують нерівномірність руху вихідних ланок.

На сьогодні у гідроприводах застосовують різноманітні робочі рідини: на нафтовій основі (мінеральні оливи) з присадками для покращання фізичних властивостей (протиокиснювальні, в'язкісні, протизношувальні, протикорозійні тощо).

У гідроприводах, що працюють у пожежонебезпечних умовах, застосовують водомісткі рідини (водомасляні емульсії), які є сумішшю води та мінерального масла у співвідношеннях 100 : 1, 50 : 1. Зазвичай для цього використовують емульсії, що складаються з 85 % мінерального масла І-20, 12 % олеїнової кислоти та 3 % розчину їдкого натру.

Для приводів, що працюють за високих температур, застосовують синтетичні рідини – рідини на кремнійорганічній основі (силікони). Вони негорючі, стійкі до окиснення, мають стабільну в'язкість у великому діапазоні температур, проте мають й істотні недоліки: несумісність із матеріалами ущільнень, висока текучість, токсичність тощо.

Під час експлуатації робочої рідини необхідно створювати такі умови, за яких вона якомога довше зберігала б первинні фізичні властивості. Для цього необхідно таке:

- не допускати змішування робочої рідини з водою та технологічними рідинами;
- стежити, щоб до рідини не потрапляли пил, стружка та інші механічні домішки, для цього перед заправленням необхідно рідину фільтрувати;
- тримати рідину в щільно закритій тарі, не змішувати в одній тарі свіжу рідину та ту, що була в експлуатації;

– виконувати рекомендації заводу-постачальника щодо режимів роботи гідропривода.

Старіння робочих рідин – наслідок дії на робочу рідину ряду причин фізичного, хімічного й механічного характеру. До фізичних причин насамперед можна віднести проникнення в робочу рідину забруднень у твердому, рідинному і газоподібному стані, зміну кількісного складу присадок за рахунок їх деструкції та утворення на контактуючих поверхнях сорбційних плівок. Зміни хімічного характеру – це окиснення вуглеводнів базового масла та розкладання останнього під дією різних забруднень (особливо води та продуктів зношення, що виконують функцію каталізатора) й розкладання присадок до масла під дією тих самих забруднень. Каталізують процес частки забруднень, метал, фарба, пил тощо.

Із розчиненням у робочій рідині повітря, а ще гірше з появою пухирців повітря, прогресивно пришвидшується старіння робочих рідин. У першому випадку рідина, що потрапляє в лінію зниженого тиску, наприклад магістраль усмоктування, де є вакуум, виділяє повітря у вигляді пухирців. У другому випадку джерелом появи пухирців є негерметичність трубопроводів у всмоктувальних лініях, кавітаційні процеси в них, відсутність пробок, які випускають повітря при заповненні, та доливання робочої рідини або повітря, що залишилося в системі.

5.3 Основні причини несправностей агрегатів гідроприводів

Гідронасоси. Основним вузлом, що визначає працездатність насоса, є поршневий вузол. Його стан можна оцінити значенням зазорів у циліндро-поршневій групі та у шарнірних з'єднаннях, що утворюються внаслідок зношування. Найбільш інтенсивно зношування, особливо у парах з малими зазорами (в нових насосах), відбувається у початковий період роботи, що пояснюється наявністю у цей період у робочій рідині різних твердих домішок.

Зношування, а отже, і збільшення зазорів у поршневих парах насосів, призводить до збільшення внутрішніх витоків та зниження к. к. д.

Крім зниження к. к. д., для насосів є характерними втрата герметичності ущільнень, знос шліцьових з'єднань, збільшення люфтів та руйнування підшипників, перегрівання корпусів та руйнування конструктивних елементів унаслідок вібрації.

Розподільні пристрої. Основна частина відмов розподільних пристроїв відбувається внаслідок втрати герметичності. Втрата внутрішньої герметичності пов'язана зі зношуванням, а зовнішньої – зі старінням або руйнуванням гумових ущільнень унаслідок температурних деформацій та вібрації.

Істотно впливає на працездатність розподільних пристроїв забруднення робочої рідини. Підвищення забрудненості рідини збільшує зусилля, необхідне для переміщення регульовальних елементів, та призводить до заїдання золотникових пар. Потрапляння забруднювальних частинок у зазори золотникових пар або під сідла клапанів призводить до різкого збільшення внутрішніх витоків.

Гідродвигуни (гідроциліндри). Зниження працездатності гідродвигунів відбувається здебільшого внаслідок зовнішньої негерметичності ущільнювальних пристроїв штоків та збільшення зазорів в опорах та кінематичних парах.

Зазори в опорах та кінематичних парах, внутрішня негерметичність між порожнинами гідроциліндра впливають на усталеність роботи привода, несиметричність швидкісної характеристики та статичну і динамічну жорсткість.

Трубопроводи. Трубопроводи піддаються різним статичним та динамічним навантаженням, пульсаціям тиску, температурним деформаціям та вібраціям. Усе це разом призводить до їх руйнувань.

Ущільнювальні пристрої. У процесі експлуатації відбувається релаксація гумових ущільнень – поступове зменшення напружень при постійній деформації, різке погіршення пружних властивостей, втрата формовідновлення та погіршення фізико-хімічних властивостей під дією температури. На працездатність ущільнень впливає склад робочої рідини. Ущільнення набухає внаслідок просочення його рідиною або в результаті хімічної взаємодії, а також відбувається його усадка внаслідок вимивання пластифікатора.

5.4 Складання гідроприводів

Деталі складальних одиниць гідроприводу не повинні мати вм'ятин та забоїн. Усі деталі повинні бути чисто вимитими.

Насоси встановлюють не вище 0,5 м над рівнем масла або занурюють у масло, покращуючи цим умови їх роботи. Вал насоса необхідно дуже добре зцентрувати з валом привода. Неточне його встановлення призводить до вигину, іноді й до поломки вала насоса, а також до передчасного зношування деталей, витікань мастила, засмоктування повітря в систему. У місці приєднання всмоктувального трубопроводу до насоса необхідно встановити надійне ущільнення, щоб запобігти проникненню у систему повітря.

Заливні фільтри, маслопокажчики повинні утримуватись у чистоті.

Маслопровід повинен бути ретельно очищений усередині та ззовні. Його продувають стисненим повітрям, а труби, з яких він складається, до складання протравлюють у лузі, прокалюють у пічках. Усі з'єднання трубопроводу повинні бути добре ущільненими. Внаслідок наведених заходів набагато зменшується небезпека засмічення маслопроводу, утворення у ньому вакууму, засмоктування повітря. Маслобак необхідно ретельно очистити та пофарбувати маслостійкою фарбою.

Прохідний переріз трубопроводів у місцях згинання не повинен зменшуватися більше ніж на 10 %, інакше на цих ділянках може зрости опір, що призведе до підвищення тиску в системі. При цьому відбудеться прискорене нагрівання масла та знизиться напір рідини у трубопроводі.

Маслопроводи всмоктування та зливування необхідно розташувати якомога далі один від одного; крім того, між їх кінцями та дном бака повинна бути відстань не менше двох діаметрів труб. Близьке взаємне розміщення всмоктування та зливання сприяє прямій циркуляції масла, погіршуючи умови всмоктування. Внаслідок близького розміщення зливних маслопроводів до дна бака масло, що потрапляє через ці труби

до резервуара, натрапляє на підвищений опір. У результаті зростає тиск у всій гідросистемі та погіршується її робота. У маслобак необхідно заливати лише відфільтроване масло. Найпростіший фільтр – лійка з дрібною металевною сіткою.

5.5 Ремонт пневматичних приводів

Довговічність роботи пневматичних двигунів значною мірою залежить від стану ущільнень, які повинні забезпечити повну герметичність нерухомих та рухомих з'єднань і мінімальні втрати потужності на тертя.

Як ущільнення для поршнів застосовують гумові V-подібні манжети. Під час експлуатації ці манжети доводиться періодично підтягувати, для чого необхідно розбирати та складати двигун.

Крім V-подібних манжет, використовують також кільця круглого перерізу, виготовлені з маслостійкої гуми (ГОСТ 9833-73 та 18829-73). Ці кільця встановлюють у канавки поршня або проточування під шток, при цьому кільця своїм перерізом, доторкаючись одночасно, наприклад, до dna канавки поршня та до поверхні циліндра, набувають вигляду овала.

В осьовому напрямку кільця забезпечується певний зазор, що гарантує потрапляння стисненого повітря у канавку, де воно розміщене.

Такі кільця забезпечують надійну герметичність складальної одиниці та мінімальні втрати на тертя.

Під час ремонту пневмоприводів відновлюють поршні та циліндри пневмодвигунів. Циліндри пневмодвигунів відновлюють також акрилопластами. Для цього зношений отвір розточують на токарному верстаті.

Після знежирення внутрішньої поверхні циліндра у нього встановлюють оправку, діаметр якої відповідає діаметру поршня, герметизують простір між оправкою та циліндром і заливають розчин акрилопласту. Потім його витримують при температурі 18 – 20°C протягом 2 – 3 годин, виймають оправку, зачищають циліндр від прилиwkів пластика.

Для забезпечення нормальної роботи пневмопривода необхідно ретельно перевіряти фільтри вологовіддільника, своєчасно їх очищувати та зливати накопичену воду, оскільки вода, що потрапляє до системи, викликає корозію та швидкий вихід привода з ладу.

Контрольні питання

1 Основні завдання під час обслуговування гідроприводів.

2 Зміст робіт з обслуговування гідроліній.

3 Особливості обслуговування гідродвигунів та гідроциліндрів.

4 Яким чином відбувається контроль за справною роботою фільтрів?

5 У чому полягає технічне обслуговування рідин?

6 Які основні несправності у роботі гідроприводів? Причини їх виникнення.

7 Порядок проведення складання гідропривода.

8 Особливості експлуатації та ремонту пневмоприводів.

6 Особливості експлуатації насосного обладнання

6.1 Насоси для гідросумішей

Насоси для гідросумішей розрізняють залежно від призначення, виду перекачуваної рідини та умов експлуатації: землесоси, ґрунтові, піскові, шламкові, пульпові та ін. Назва насоса в основному визначає й область його застосування. З усієї групи відцентрових насосів для гідросумішей найбільш широко застосовуються ґрунтові насоси (рис. 6.1).

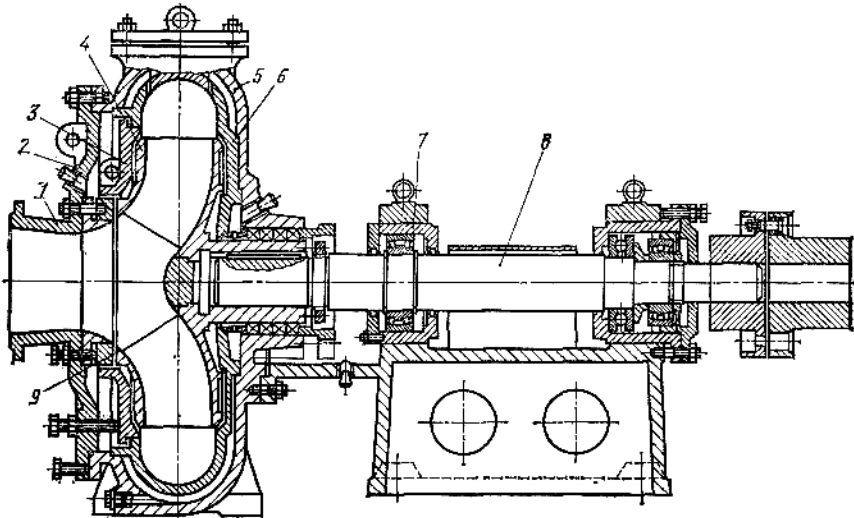


Рисунок 6.1 – Типова конструкція ґрунтових насосів:

1 – всмоктувальний патрубок; 2 – кришка; 3 – бронедиск із боку входу; 4 – робоче колесо; 5 – зовнішній корпус; 6 – внутрішній корпус; 7 – опорний вузол; 8 – ротор; 9 – ущільнювальне кільце

Ґрунтові насоси застосовують на підприємствах кольорової та чорної металургії (від видалення відходів збагачування руди до гідротранспорту всередині підприємства). Ґрунтові насоси перекачують різні мінерали, вугілля, породи. Їх

використовують при наливних роботах, у гідротехнічному будівництві, на силікатних заводах тощо.

Шламові насоси використовують для перекачування різних гідросумішей, що містять відносно малі тверді частинки в цементній та вугільній промисловостях, чорній металургії, теплоенергетиці та ін.

Шлами менш абразивні, ніж піщано-гравійні суміші. Тому шламові насоси мають менші прохідні перерізи, ніж ґрунтові.

Велику групу насосів для абразивних гідросумішей складають відцентрові **піскові насоси** консольного типу з боковим усмоктувальним підводом. Ці насоси широко використовують у глиноземному виробництві, збагаченні руд тощо.

Останнім часом при розробленні корисних копалин і виконанні гідромеліоративних робіт застосовують землесоси - ґрунтові насоси, занурені під рівень води. При використанні занурюваних насосів внаслідок підпору води збільшується їх всмоктувальна здатність.

Основним експлуатаційним недоліком усіх насосів є низький термін придатності деталей проточної частини внаслідок гідроабразивного зношування.

Основною особливістю експлуатації насосів для абразивних гідросумішей є те, що вони перекачують неоднорідні рідини – гідросуміші (здебільшого це суміші твердих матеріалів із водою). Гідросуміші залежно від технології виробництва мають різну назву: суміш води з рудою, концентратами і хвостами збагачувальних фабрик називають пульпою; суміш глини з водою називають глиняними розчинами, аналогічно крейдяний, вапняний, цементний розчини.

Тверді фракції у складі гідросумішей мають різні розміри (від часток мм до сотень мм), різні фізико-хімічні властивості: твердість, абразивність, густину та ін. Окремо необхідно відмітити особливу групу гідросумішей – суспензії, в яких тверді фракції мають розмір мікрона. Суспензії мають

властивості неньютонівських рідин, що впливає на робочий процес насоса.

Загальна особливість усіх цих насосів – це специфічні властивості перекачуваної рідини (абразивність і тверді включення). Перекачуючи такі рідини, насоси перебувають під руйнівною дією твердих частинок, що рухаються в потоці. Це призводить до інтенсивного зносу. Аналіз витрат на експлуатацію цих насосів показав, що основна їх частина пов'язана із заміною зношених деталей. Експлуатаційні витрати внаслідок зношування деталей насосів складаються з вартості запасних частин, витрат на демонтаж насоса і витрат, пов'язаних із невірними простоями обладнання за відсутності резервних насосів (наприклад, землесосів).

Простої обладнання, додаткові затрати на складання і розбирання насосів пов'язані в основному із забиванням каналів твердими включеннями. Таким чином, при оцінюванні експлуатаційних якостей цих насосів першоступеневе значення мають такі показники, як надійність, зносостійкість, розміри прохідних перерізів. К. к. д., який у насосах для чистої води є одним із основних показників, у насосах для абразивних гідросумішей має менш важливе значення.

Насоси повинні пропускати тверді включення розміром до $(0,5-0,7)d_{вх}$. Це вимагає збільшення прохідних перерізів (каналів) підводу, робочого колеса, відводу і призводить до перерозширення проточної частини і, як наслідок, до зниження к. к. д. і всмоктувальної здатності насосів для абразивних гідросумішей. Тому к. к. д. і кавітаційні якості цих насосів нижчі, ніж у звичайних лопатевих насосів аналогічних розмірів.

У процесі роботи насоса відбувається поступове зношування деталей, внаслідок чого змінюються його характеристики.

Зношування різних елементів проточної частини насоса по-різному впливає на зміну характеристик насоса.

Під час роботи на гідросумішах із малими твердими домішками найбільш швидко зношуються щільні ущільнення, розміщені з боку входу в робоче колесо, та робочі поверхні

лопаті, особливо її вихідні ділянки. Зміна характеристик насоса у цьому випадку обумовлена перш за все зношуванням щільного ущільнення. Із зростанням зношування цього ущільнення збільшується зазор, а отже, і витікання. Це означає, що при одних і тих самих значеннях напору та потужності подача насоса знижується на величину додаткових витікань. Витрата рідини через колесо при цьому не змінюється. Отже, із зростанням зношування ущільнення та збільшення витікань характеристики насоса зміщуються у бік менших подач (див. рис. 6.2), тобто під час роботи на одну і ту саму мережу напір насоса знижується, а потужність зростає.

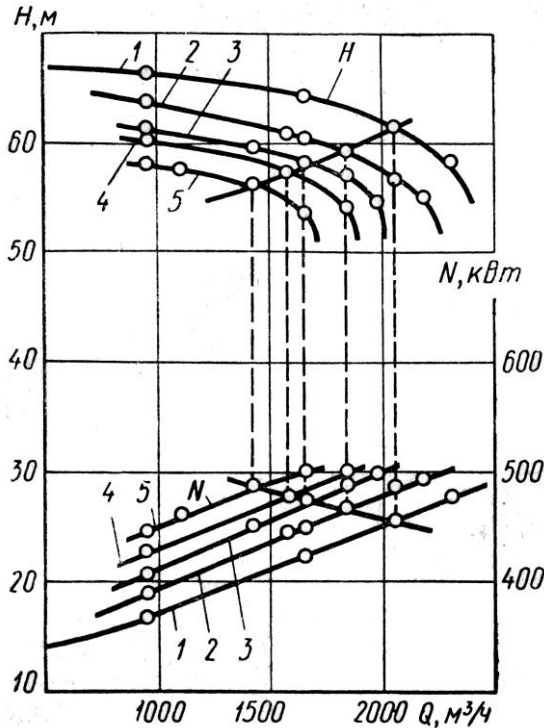


Рисунок 6.2 – Характеристика насоса:

1 – нового; 2, 3, 4, 5 – зі зношеними ущільненнями

Зношування робочих поверхонь лопатей, особливо у вихідній частині, впливає так. У початковий період експлуатації

зношування призводить до деякої зміни кута виходу, що мало відображається на зміні характеристик. У подальшому із зростанням зношування вихідних ділянок лопаті зменшується діаметр робочого колеса, у результаті чого знижується напір та потужність. При великих кутах виходу лопатей зношування вихідних ділянок колеса, як було зазначено вище, відбувається досить інтенсивно, і вплив їх зношування на характеристики може виявитися більш істотним, ніж вплив зношування зазорів. Проте в сучасних конструкціях насосів для абразивних гідросумішей кути виходу лопатей не перевищують, як правило, $20\text{--}22^\circ$, що різко знижує зношування вихідних кромek та вплив його на зміну характеристик. Таким чином, під час роботи насосів на гідросумішах із малими твердими домішками головний вплив на характеристики спричиняє зношування ущільнень.

Під час роботи на гідросумішах із великими твердими домішками найбільш інтенсивному зношуванню піддаються вхідні ділянки лопаті, за практичної відсутності зношування інших ділянок робочого колеса та ущільнень. Зношування вхідних елементів лопаті відображається у погіршенні всмоктувальної здатності та зниженні напору і мало впливає на потужність. При зношуванні вхідних ділянок лопаті вхідна кромка зміщується на більші діаметри, що призводить до зниження допустимої висоти всмоктування. Одночасно погіршуються умови обтікання лопатей, у результаті чого, крім погіршення кавітаційних якостей, виникають додаткові гідравлічні втрати у каналах колеса, останнє призводить до зниження напору.

Відводи насосів для гідросумішей зношуються менш інтенсивно, ніж робочі колеса, тому вплив їх зношування на характеристики машини менш помітний. Враховуючи, що насамперед зношуються стінки відводу у зоні розрахункового перерізу, тобто дещо збільшуються розміри перерізу, у процесі експлуатації робоча точка може зсуватися у зону більших подач.

6.2 Експлуатація хімічних відцентрових насосів

Насоси, що застосовують для перекачування агресивних, токсичних і вибухових рідин, називаються хімічними. Основними вимогами до насосів є надійність їх конструкції, корозійна стійкість, герметичність, довговічність, простота обслуговування, мінімальна трудомісткість ремонтних робіт та їх безпека.

У хімічній промисловості використовують різні типи насосів: відцентрові, вихрові, об'ємні (поршневі, шестеренні, гвинтові) та ін. Найбільшу групу складають відцентрові насоси. Розглянемо їх властивості.

Насоси типу Х призначені для перекачування хімічно активних і нейтральних рідин (рис. 6.3). Це насоси з витратою рідини до 500 м³/год і напором до 240 м, з ущільненнями у вигляді м'якої сальникової набивки або торцевим. Ущільнення є взаємозамінними.

Насоси бувають горизонтальні і вертикальні, одно- і двоступінчасті, з приводом від електродвигуна через пружну муфту. На замовлення насоси поставляють у вибухо- і пожежобезпечному виконанні. Ці насоси мають меншу масу і впродовж декількох років не зазнають корозії, легко демонтуються.

При виготовленні хімічних насосів широко використовують пластичні маси, металокераміку і матеріали порошкової металургії. Деталі хімічних насосів, які перекачують кислоти, луги, агресивні та вибухонебезпечні рідини, виготовляють із різних *легованих* і *високолегованих* сталей, чавуну, бронзи і кольорових матеріалів. Це сталі: Х28, Х34, Х18Н9Т та ін. При перекачуванні хлоридів, азотної кислоти використовують титан і сплави на його основі. При виготовленні хімічних насосів застосовують і пластмаси. Серед пластмас найширше використовують склопластик АГ-4 і його модифікації (з них виготовляють робочі колеса, кришки, фланці та підшипники). **Склопластик** використовують замість нержавіючої сталі, міді, нікелю та інших матеріалів. До

недоліків склопластику відносяться його високу вартість і розтріскування під навантаженням. Крім того використовують й інші пластмаси на основі епоксидних і поліуретанових смол.

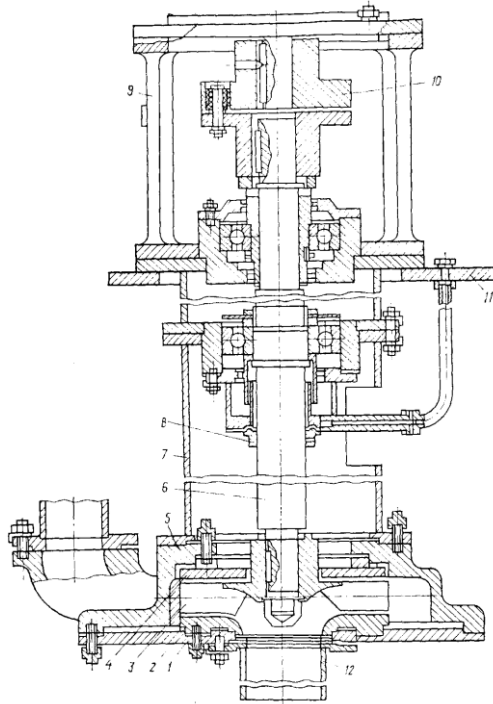


Рисунок 6.3 – Хімічний насос:

1 – кришка; 2 – нижній диск; 3 – робоче колесо; 4 – верхній диск; 5 – корпус; 6 – вал; 7 – корпус підшипника; 8 – відбійник рідини; 9 – опорна стійка; 10 – муфта; 11 – опорна плита; 12 – всмоктувальна труба

У хімічних насосах застовують контактні ущільнення вала – сальникові і торцеві.

Сальникові ущільнення застосовують при перекачуванні нетоксичних, вибухонебезпечних рідин при порівняно низькому тиску. Але сальники працюють при деяких обов’язкових витіканнях рідини. Їх необхідно систематично підтягувати, що

ускладнює автоматизацію технологічних процесів і в деяких випадках не забезпечує необхідної надійності.

Торцеві ущільнення не потребують обслуговування і практично не мають витікань рідини. Вони працюють в умовах агресивних і абразивних середовищ при тисках до 45 МПа, температурі від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+450\text{ }^{\circ}\text{C}$, швидкості ковзання у парі тертя до 100 м/с.

Для ущільнень, що працюють на рідинах із твердими включеннями, подають чисту рідину (воду). Для підвищення довговічності пари тертя застосовують такі матеріали: графіт, графітофторопласт, кераміку, флубон та ін.

Розглянемо вплив властивостей рідини на вибір насоса. За хімічними властивостями перекачувані рідини можна поділити на нейтральні, корозійноактивні, горючі, отруйні та радіоактивні. Вибір матеріалу насоса обумовлюється хімічним складом рідини, її концентрацією і РН рідини.

Рідини можуть містити газові і тверді включення, що ускладнюють процес перекачування. Більшість насосів не можуть перекачувати рідини, що містять 5 % і більше газів. У деяких випадках частинки рідини можуть утворювати комки, відкладення, кристали та ін. Тому при виборі насоса, необхідно обов'язково проаналізувати властивості рідини, що перекачуються.

Несамовсмоктувальні лопатеві насоси перед першим пуском необхідно залити рідиною. Можлива схема заливання з приймальним клапаном і повітряним краном у верхній частині корпусу наведена на рис. 6.4.

Ця схема застосовується рідко з таких причин:

- 1) не забезпечується надійна робота клапана при перекачуванні в'язких і забруднених рідин;
- 2) необхідно мати клапани з корозійностійких матеріалів;
- 3) приймальний клапан чинить великий опір рідині у всмоктувальній лінії, що зменшує висоту всмоктування.

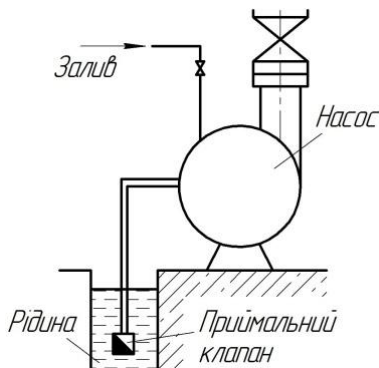


Рисунок 6.4 – Схема заливання насоса з приймальним клапаном

Частіше застосовується схема з **уловлювачем** (рис. 6.5). Уловлювач на хімічних підприємствах є необхідним пристроєм кожного насоса.

Уловлювач – це вертикальний циліндричний стакан об'ємом 50 – 70 л із патрубками входу і виходу рідини і з внутрішнім перфорованим стаканом. Рідина потрапляє у стакан, проходить через отвори (при цьому відокремлюються домішки) і потім надходить до всмоктувального трубопроводу. Уловлювач запобігає забиванню насоса різними домішками, папером, ганчірками, трісками та ін. Його встановлюють перед насосом. Оскільки вхідний штуцер уловлювача розміщений у верхній його частині, то після зупинення насоса більша частина уловлювача залита рідиною. При пуску насоса рідина відкачується із уловлювача, тиск у ньому зменшується і рідина з резервуара підіймається по всмоктувальному трубопроводу спочатку в уловлювач і далі в насос. Об'єм уловлювача повинен бути не меншим ніж 1,25 – 1,5 об'єму всмоктувального трубопроводу.

Під час експлуатації хімічних насосів необхідно забезпечити постійний догляд і контроль за їх роботою. Дуже важливим є виконання інструкції заводу-виробника.

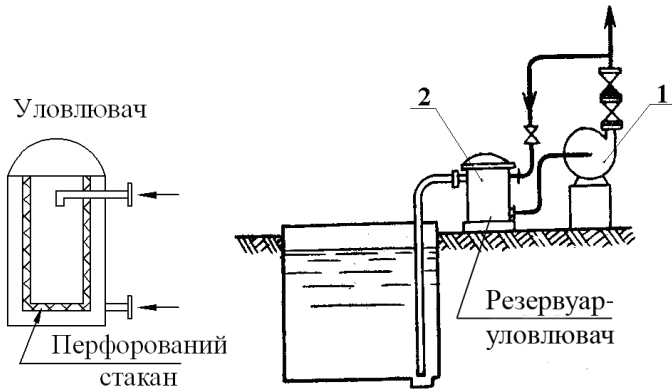


Рисунок 6.5 – Схема заливання з уловлювачем

У перші 3 000 годин, як правило, необхідно проводити лише контроль і догляд за насосом. При цьому контролюють тиск на вході в насос, температуру рідини, рівень масла в картері і підшипниках, температуру підшипників (нормальна – 45 – 60 °С, можлива – 80 °С). Крім того необхідно стежити за роботою сальникового ущільнення, перевіряти вібрацію підшипників, постійно контролювати підведення і відведення рідини для прогрівання насосів, що обігріваються.

Під час експлуатації хімічних насосів необхідно пам'ятати про такі ознаки:

1. Засмічення всмоктувального трубопроводу, захисної сітки або робочого колеса приводить до зменшення напору і розриву суцільності потоку.

2. Підвищення максимальної геометричної висоти всмоктування може привести до розриву суцільності потоку і кавітації.

3. Збільшення температури рідини, що перекачується під час експлуатації, знижує максимальну висоту всмоктування $h_{ес}$, оскільки з підвищенням температури збільшується тиск насиченої пари $P_{н.п}$.

4. При високих значеннях $P_{н.п}$ необхідно передбачити підпір тиску на вході в насос.

5. Якщо відсутня можливість прокладання довгого трубопроводу, всмоктувальний трубопровід необхідно прокладати з постійним нахилом у бік насоса, щоб запобігти появі повітряних мішків.

6. Повітря або газ, що містяться в рідині необхідно видалити за допомогою деаератора або вакуумного насоса.

7. При напорах, вищих ніж 10 – 15 м, необхідно встановлювати зворотний клапан.

8. Сальникову набивку необхідно замінювати через 2 000 год роботи. Сильне підтягування сальника приводить до сухого тертя і згоряння сальникової набивки.

9. Для нормальної роботи торцевого ущільнення необхідно забезпечити усталену роботу вала насоса.

10. Неякісне центрування насоса і двигуна приводить до підвищеного зносу сальників і підшипників.

Додаткові вимоги до обслуговуючого персоналу під час експлуатації хімічних насосів:

1. Оператори повинні бути додатково проінструктовані з техніки безпеки залежно від ступеня агресивності перекачуваного середовища.

2. Під час зливання з цистерн і резервуарів сірчаної і соляної кислот категорично забороняється перекачувати кислоту через нижні крани. Для перекачування кислоти із заглиблених резервуарів необхідно користуватися вакуум-насосом.

3. Кислотопроводи повинні бути розміщені у доступних місцях. Якщо вони прокладені горизонтально, під ними підвішують навіси, якщо вертикально – щитки для захисту обслуговуючого персоналу від розбризкування кислоти.

4. Категорично забороняється:

- виконувати роботи з кислотою без спецодягу;
- заливати воду в посудини з кислотою, тому що вода в кислоті викликає бурхливе кипіння і розбризкування.

Контрольні питання

- 1 Які існують види насосів для перекачування абразивних гідросумішей?
- 2 Які елементи насоса найбільш зношуються під дією абразивних включень?
- 3 Як процес зношування відбивається на характеристиці насоса?
- 4 Особливості конструкції насосів, призначених для перекачування хімічно агресивних середовищ.
- 5 Які матеріали застосовуються у хімічних насосах?
- 6 Типи ущільнень у хімічних насосах.
- 7 Схема заливання хімічного насоса, її призначення.
- 8 Особливості експлуатації насосів, що перекачують агресивні середовища.
- 9 Вимоги технічної безпеки під час роботи з хімічними насосами.

7 Життєвий цикл насосного обладнання

Під час проектування гідравлічного обладнання можливий вибір серед декількох технічно рівноцінних варіантів, при яких повністю виконуються вимоги із забезпечення необхідних параметрів, але різних за вартістю.

При виборі насосного обладнання користувачі, розглядаючи пропозиції-аналоги, найчастіше віддають перевагу варіантам із найменшою початковою ціною, не звертаючи уваги на вартість експлуатації. У той самий час вибір найкращого варіанта повинен виконуватися з позиції мінімізації загальної величини затрат за період служби обладнання.

В умовах жорстокої конкуренції боротьба за мінімізацію витрат, враховуючи затрати на придбання та експлуатацію обладнання, стала особливо гострою, і насосне обладнання неможливо розглядати як таке, що може бути відремонтованим та заміненим на більш сучасне без особливої уваги на витрати. Тому особливо актуальним є аналіз затрат упродовж життєвого циклу або LCC (Life Cycle Cost), який показує, що початкова вартість придбання є лише малою частиною вартості життєвого циклу насосів. Аналіз вартості життєвого циклу призначений для мінімізації величини загальних затрат, максимізації енергоефективності насосних систем та знаходження найбільш ефективних рішень. Компонентами аналізу вартості життєвого циклу, звичайно, є: початкова вартість, вартість монтажу, затрати на електроенергію, експлуатаційні витрати, вартість ремонту, вартість простою, екологічні витрати, вартість утилізації (див. рис. 7.1).



Рисунок 7.1 – Вартість життєвого циклу насоса

У багатьох випадках витрати на обслуговування, запасні частини, незаплановані простої, втрату продуктивності будуть складати істотну частину в LCC та перевищувати витрати на початкову вартість та поточні експлуатаційні затрати. Проведені розрахунки LCC показують, що на цей час вітчизняні насоси мають меншу вартість життєвого циклу порівняно із зарубіжними аналогами. Але це пов'язано, перш за все, з відносно низькою вартістю електроенергії. При зростанні тарифів на електроенергію та їх наближенні до європейського рівня, вибір на користь більш дешевого вітчизняного обладнання буде ставати все менш очевидним. Зважаючи на це більшість виробників насосного обладнання схиляються до думки про необхідність прийняття активних дій, спрямованих на модернізацію насосного обладнання, що випускається.

При порівнянні можливих технічних рішень (упровадження нових видів обладнання, механізмів, матеріалів, технологічних процесів) критерієм оптимізації є мінімум вартості життєвого циклу, яка згідно з методикою Europtm (Європейської асоціації виробників насосного обладнання) визначається так:

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d, \quad (7.1)$$

де Cic – початкова вартість насоса;

Cin – вартість монтажу, включаючи доставку;

Se – вартість спожитої електричної енергії;

Co – вартість експлуатації;

Cm – вартість технічного обслуговування і ремонту;

Cs – вартість простою;

$Cenv$ – вартість усунення збитків через забруднення доквілля;

Cd – вартість утилізації.

У розрахунках поточні витрати на проведення ремонтів і обслуговування насосних агрегатів у середньому приймаються на рівні 10 % від вартості установки, термін служби установки 7 років (термін гарантований виробниками до першого капітального ремонту), річну норму амортизації, виходячи з терміну служби установки, взято у розмірі 15 % від величини капітальних вкладень в обладнання.

Що стосується вартості простою і вартості усунення збитків через забруднення доквілля, то порівняно з іншими складовими ними можна знехтувати.

Інші витрати, наприклад, амортизація інших виробничих фондів, заробітна плата експлуатаційного персоналу, експлуатаційні витрати (опалення, освітлення, вентиляція виробничих площ тощо), істотно не змінюються залежно від параметрів установки.

Початкова вартість, як правило, містить у собі такі складові:

– інжиніринг (розроблення, виготовлення документації, її погодження);

– процес погодження ціни;

– керування процесом закупівель;

– випробування та ревізія;

– складання переліку запасних частин;

– допоміжне обладнання.

Вартість монтажу та пуско-налагоджувальних робіт містить таке:

- фундаменти (проектування, підготовка будівельного майданчика, підготовка бетону та виготовлення арматури);
- встановлення обладнання та заливання фундаменту;
- приєднання трубопроводів;
- приєднання електричних кабелів та приладів;
- під'єднання допоміжних систем та іншого обладнання;
- промивання системи або пуск на воді;
- оцінювання параметрів;
- навчання персоналу.

Монтаж обладнання може бути виконаний постачальником обладнання, сторонньою організацією або власними силами споживача. Рішення залежить від декількох факторів, включаючи наявність досвіду, необхідного інструменту, обладнання для монтажу, вимог договору до поставки, вимог до організації на місці встановлення, наявності кваліфікованого персоналу. Персонал підприємства або компанії підрядчика повинен координувати роботи з постачальником обладнання.

Вартість енергії. Споживання енергії часто є одним із найбільш значущих елементів затрат, особливо якщо насос працює понад 2000 годин на рік. Початково споживання енергії розраховується, виходячи з даних про параметри на виході з системи. Якщо параметри на виході не змінюються або незначно змінюються, то розрахунок не викликає проблем. Якщо параметри змінюються з часом, необхідно визначити модель зміни споживання залежно від часу. Ця модель може бути виконана у вигляді графіка залежності вихідних параметрів від часу впродовж робочого циклу, який може бути годинним, добовим, тижневим тощо. Енергія, що споживається системою, буде визначатися площею під кривою потужності. Якщо тарифи не електроенергію різні для різних періодів роботи, то площу необхідно визначати для кожного періоду.

Для повного розрахунку повинні бути також враховані вартості споживаної енергії та матеріалів допоміжних систем. Ці затрати можуть бути пов'язані із системами обігріву, охолодження, промивки тощо.

Експлуатаційні витрати. Вартість обслуговування є вартістю трудозатрат, пов'язаних із роботою насосної системи. Вони можуть варіюватися у значних межах залежно від складності системи та режиму роботи. Наприклад, з одного боку, насос, що експлуатується на небезпечному виробництві, повинен піддаватися щоденній перевірці на предмет відсутності небезпечних витоків, експлуатаційної надійності та відповідності характеристик необхідним значенням у допустимих межах. З іншого боку, повністю автоматизована система, що працює на безпечному виробництві, вимагає обмеженого контролю. Регулярні спостереження за роботою насосної системи можуть сигналізувати операторам про потенційні порушення в роботі. Показниками стану є: зміна вібрації, ознаки биття, температура, шум, споживана потужність, подача та тиск.

Вартість обслуговування та ремонту. Для оптимального терміну служби насоса є необхідним регулярний та ефективний сервіс. Виробники обладнання дають споживачу рекомендації стосовно частоти та об'єму регулярного обслуговування. Вартість сервісних робіт залежить від тривалості, періодичності та вартості матеріалів. Вплив конструкції насоса на вартість проявляється у вартості матеріалів, що застосовуються, та простоті доступу до деталей.

Основне сервісне обслуговування може бути охарактеризоване виразом «насосний агрегат, що не ремонтується на місці експлуатації», у той час як регулярне сервісне обслуговування описує вираз «насос, що ремонтується на місці експлуатації».

Вартість робіт розраховується так:

витрати на ремонт насоса
на місці експлуатації = трудозатрати ремонтних робіт
+ вартість деталей, що
замінюються, та відповідного
інвентаря
+ інші витратні матеріали
+ вартість втрат продукції
внаслідок тимчасового простою
обладнання

додаткові витрати
під час ремонту насоса
не на місці
експлуатації = трудозатрати на демонтаж
+ витрати на очищення
+ вартість транспортування
+ вартість обстеження
+ вартість установа

Вартість трудозатрат повинна включати витрати на основну роботу та витрати на навчання, яке може знадобитися для того, щоб обслуговуючий персонал був повністю підготовлений для проведення поточного ремонту.

Загальна вартість регламентного обслуговування визначається множенням вартості одного ремонту на кількість ремонтів, що очікуються впродовж усього життєвого циклу насоса. Хоча непередбачувані виходи з ладу точно передбачити важко, ймовірність їх настання можна оцінити методами математичної статистики шляхом розрахунку середнього напрацювання на відмову.

Втрати від простою обладнання. Вартість втрат від непередбачуваних простоїв та недоотриманої продукції може бути значною величиною у загальній вартості життєвого циклу і

бути співрозмірною з витратами на електроенергію та вартість запасних частин. Коли вартість втрат від недоотримання основної продукції занадто висока, для зменшення ризику паралельно з основним може бути встановлений резервний насос. У цьому випадку початкова вартість буде значно вищою, проте вартість незапланованого ремонту буде містити у собі лише вартість власне самого ремонту.

Вартість втрат від простою залежить від часу простою та є різною для кожного окремого випадку.

Вартість витрат на захист навколишнього середовища. Вартість робіт із видалення забруднень упродовж терміну служби насосної системи змінюється у значному ступені залежно від перекачуваного продукту. За рахунок прийняття різних рішень забруднення можна у значному ступені скоротити, але, як правило, це призводить до збільшення початкових інвестицій.

Прикладами забруднення доквілля можуть бути: вода із системи охолодження, відведення витоків сальникового ущільнення, загоряння перекачуваної рідини, утилізація мастильних матеріалів та забруднених використаних елементів, таких як ущільнення. Необхідно також враховувати вартість заходів із моніторингу доквілля.

Вартість витрат на виведення обладнання з експлуатації. Здебільшого вартість робіт із демонтажу насосних систем залежно від типу насосів, що застосовуються, змінюється незначною мірою. Це особливо стосується насосів, що перекачують нешкідливі рідини. Токсичні, радіоактивні або інші небезпечні рідини мають регламентовані вимоги щодо їх використання, які, як правило, є однаковими для систем різного призначення.

При виборі оптимального варіанта необхідно враховувати, що інвестування може відбуватися в різний термін, а цінність витрат змінюється з часом. З урахуванням цього витрати різних

років приводять до одного моменту часу:

$$LCCD = C_{ic} + C_{in} + \sum_{t=1}^{T_{сл}} \frac{C_e + C_o + C_m}{(1+r)^t} + \frac{C_d}{(1+r)^{T_{сл}}}, \quad (7.2)$$

де $LCCD$ – дисконтована вартість життєвого циклу;

t – крок розрахункового періоду;

$T_{сл}$ – термін служби;

R – ставка дисконту.

При проведенні розрахунків ставка дисконтування у середньому береться на рівні 20 % і враховує такі фактори, як ризик, інфляцію, облікову ставку Національного банку України.

Порівняльний аналіз LCC насосів вітчизняного виробництва із зарубіжними аналогами став причиною для проведення рядом виробників програм модернізації насосів, основною метою яких є підвищення надійності та енергетичної ефективності насосів, а отже, зменшення вартості їх життєвого циклу. Основні напрямки для модернізації насосів впливають з аналізу LCC. Деякі з них є достатньо очевидними – підвищення ККД, збільшення терміну служби, підвищення показників надійності та ремонтпридатності.

Контрольні питання

- 1 З якою метою виконується аналіз вартості життєвого циклу насосного обладнання?
- 2 Які складові входять до вартості життєвого циклу?
- 3 Що впливає на величину початкової вартості обладнання?
- 4 Із чого складається вартість монтажу та пуско-налагоджувальних робіт?
- 5 Яким чином розраховується вартість сервісного обслуговування та ремонту?
- 6 Які зі складових вартості життєвого циклу насосів є найбільш вагомими?
- 7 З якою метою виконується дисконтування?
- 8 Що враховує дисконтування вартості життєвого циклу?

Список літератури

1. Животовский Л. С. Лопастные насосы для абразивных гидросмесей : учебное пособие / Л. С. Животовский, Л. А. Смойловская. – М. : Машиностроение, 1978. – 223 с.
2. ГОСТ 6134-2007. Насосы динамические. Методы испытаний.
3. Костриба І. В. Нафтопромислове обладнання. Задачі, вправи : навч. посібник / І. В. Костриба. – К. : ІЗМН, 1996. – 432 с.
4. Строительство и монтаж насосных и компрессорных станций : учебное пособие / В. Л. Березин, П. П. Бородавкин, С. Я. Куриц, Е. И. Трушин. – М. : Недра, 1974. – 272 с.
5. Карнаухов В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация насосных установок / В. А. Карнаухов. – Киев : Будівельник, 1976. – 136 с.
6. Тарельник В. Б. Модернізація та ремонт роторних машин: монографія. / В. Б. Тарельник, В. С. Марцинковський. – Суми : Видавництво «Козацький вал», 2005. – 364 с.
7. Полушкин К. П. Монтаж гидроагрегатов / К. П. Полушкин. – Л. : Энергия, 1971. – 528 с.
8. Гельберг Б. Т. Ремонт промышленного оборудования : учебник для сред. проф.-техн. училищ / Б. Т. Гельберг, Г. Д. Пекелис. – 8-е изд., перераб. и доп.– М. : Высш. школа, 1981. – 256 с.
9. Герман А. Л. Монтаж и эксплуатация лопастных насосов / А. Л. Герман, Б. А. Вахрамеев. – М. : Машгиз, 1961. – 180 с.
10. Молодык Н. В. Восстановление деталей машин : справочник / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 480 с.
11. Надёжность машин : учебное пособие для машиностроительных спец. вузов / Д. Н. Решетов и др. – М. : Высшая школа, 1988. – 238 с.
12. Надёжность машин / А. С. Проников. – М. : Машиностроение, 1978. – 592 с.

13. Насосы. Расчёт показателей надёжности при проектировании. РД РТМ 26-06-34-83. – М. : Минхиммаш, 1983. – 53 с.
14. Шор Я. Б. Таблицы для анализа и контроля надежности / Я. Б. Шор, Ф. Л. Кузьмин. – М. : Машиностроение, 1968. – 243 с.
15. Малюшенко В. В. Монтаж энергетических насосов ТЭС и АЭС / В. В. Малюшенко, А. К. Михайлов. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 112 с.
16. Кушелев В. П. Охрана труда в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности : учебник для вузов / В. П. Кушелев, Г. Г. Орлов, Ю. Г. Сорокин. – М. : Химия, 1983. – 482 с.
17. Финкельштейн З. Л. Эксплуатация гидравлического оборудования : учеб. пособ. / З. Л. Финкельштейн – Алчевск : ДонГТУ, 2008. – 123 с.
18. Сырицын Т. А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов : учебник для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / Т. А. Сырицын. – М. : Машиностроение, 1990. – 248 с.
19. Лопастные насосы : справочник / В. А. Зимницкий, А. В. Каплун, А. Н. Папир, В. А. Умов ; под общ. ред. В. А. Зимницкого и В. А. Умова. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 334 с.
20. Фінкельштейн З. Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навчальний посібник / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко ; за ред. П. М. Андренка. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – 308 с.
21. Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems. Executive Summary / Hydraulic Institute and Europump. – Oxford : Published by Elsevier Ltd., – January, 2001. – 126 p.
22. Снижение стоимости жизненного цикла скважинных насосов ЭЦВ для воды / И. Твердохлеб, А. Костюк, Е. Князева, В. Солодченков // – Праці 12-ї Міжнародної науково-технічної

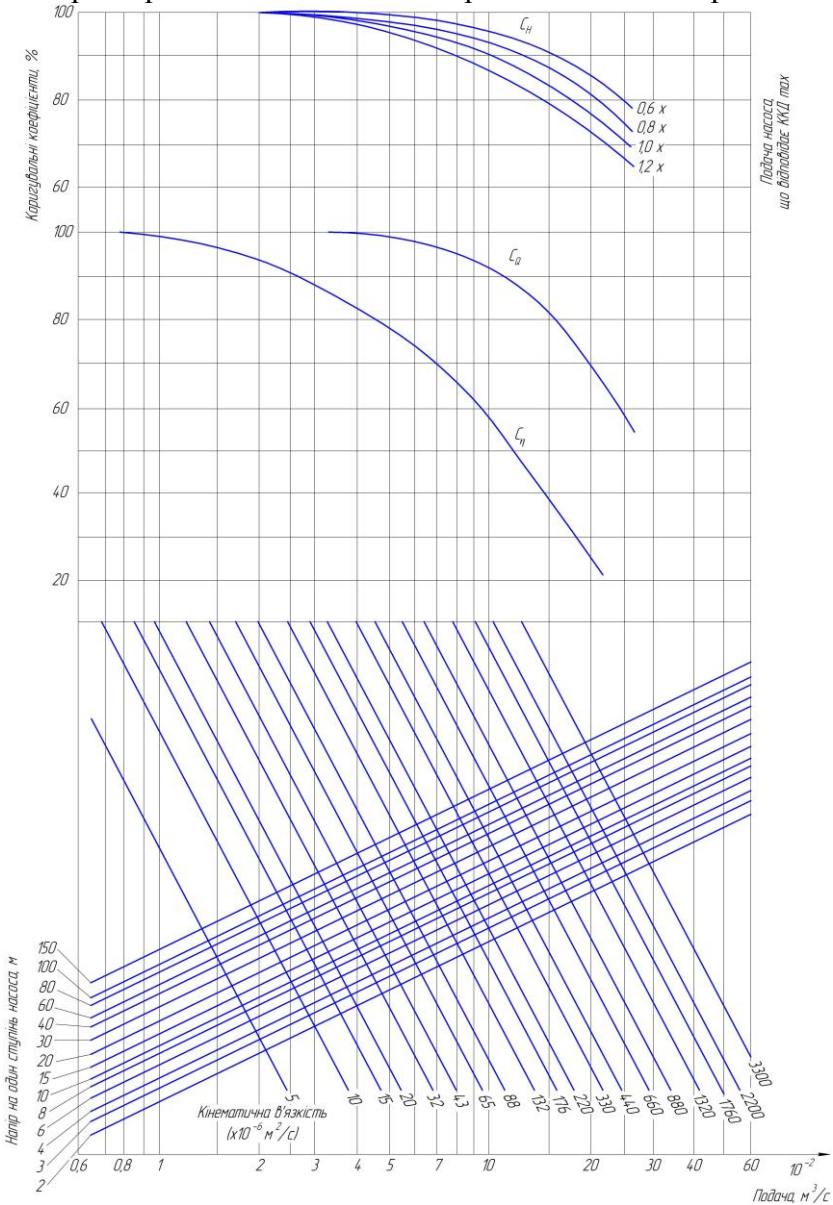
конференції «Герметичність, вібронадійність та екологічна безпека насосного та компресорного обладнання» – «ГЕРВІКОН – 2008» – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – С.379 – 386.

23. Штейнмиллер О. А. Оптимизация насосных станций на уровнерайонных, квартальных и внутридомовых сетей : автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук : спец. 05.23.04 «Водоснабжение, канализация». – Санкт-Петербург, 2010. – 24 с.

24. Мельник Л. Г. Економіка енергетики : навч. пос. / Л. Г. Мельник, О. І Карінцева, І. М. Сотник. – Суми : Університетська книга, 2006. – 238 с.

Додаток А (довідковий)

Номограма для визначення коефіцієнтів коригування
характеристики насоса під час роботи на в'язкій рідині



Додаток Б
(довідковий)

Таблиця Б.1 – Умови застосування пароніту для ущільнення фланцевих з'єднань арматури, трубопроводів та насосів

Матеріал	Середовище	Умови застосування	
		Р _у , МПа	Температура середовища, °С
ПОН	Прісна вода	6,4	+250
	Водяна пара	6,4	+450
	Повітря	1	-50 ... +100
	Сухі нейтральні та інертні гази	6,4	+450
	Водяні розчини солей різних концентрацій	2,5	-15 ... +100
	Рідкий аміак	2,5	-40 ... +150
	Спирти	1,6	+150
	Парафін	1,6	+150
	Важкі нафтопродукти	6,4	+200
	Легкі нафтопродукти	2,5	+150
	Рідкий кисень	0,25	-182
ПМБ	Морська вода	4	+50
	Рідкий або газоподібний аміак	2,5	-40 ... +150
	Повітря	1,6	-50 ... +200
	Рідкі кисень та азот	0,25	-182
	Газоподібні кисень та азот	5	+150
	Легкі нафтопродукти	2,5	+200
	Важкі нафтопродукти	2	+300
	Мінеральні масла	2,5	+150
ПА	Прісна вода	10	+250
	Водяна пара	10	+450
	Повітря, нейтральні та інертні сухі гази	7,5	+250
	Важкі нафтопродукти	7,5	+400
	Легкі нафтопродукти, мінеральні оливи	7,5	+200
ПЕ	Луги з концентрацією 300 – 400 г/л, повітря, кисень	2,5	+180
	Рідкий та газоподібний аміак	2,5	-15 ... +150
	Азотна кислота (10 % розчин)	2,5	+100

Додаток В
(довідковий)

Таблиця В.1 – Metали, що застосовуються для виготовлення прокладок

Метал	Марка металу	Середовище	Температура застосування прокладок, °С
Низьковуглецева сталь	05кп (особлива)	Водяна пара Луги, кислоти, гази, що містять сірку	До +475 -70...+320
Вуглецева якісна конструкційна сталь	Сталі 15, ..., 30	Повітряна пара, нафтопродукти	До +550
Корозійно-стійка сталь	12Х18Н9Т 08Х18Н10Т	Водяна пара, нафтопродукти, корозійні середовища (крім сірчаної кислоти)	-253...+600
Алюміній та його сплави	А0; А; АД1	Повітря, вода, нафтопродукти, азотна, фосфорна та інші кислоти, сухий хлор, сірчані гази	-253...+100
Нікель	НП-2	Водяна пара, хлор та інші окиснювальні середовища	-30...+400
Монель-метал	НМЖМц28-2,5-1,5	Водяна пара, корозійні середовища, морська вода	До +800

Додаток Г
(довідковий)

Таблиця Г.1 – Ресурс елементів насоса

Тип насоса	Найменування деталі	Вид розподілу ресурсу	Параметр розподілу		Умови експлуатації
			ресурс R, г	коэф. варіації V	
1	2	3	4	5	6
Загального призначення: К, КМ, Д, вихрові, ЦН та ін.	Захисна втулка сальника. Пружні елементи з'єднувальної муфти. Торцеве ущільнення. Кільце ущільнення. Робоче колесо: – з вуглецевої сталі; – з нержавіючої сталі. Корпус насоса: – з вуглецевої сталі; – з нержавіючої сталі Підшипники кочення. Вкладиші підшипників ковзання. Вал. Сальникова набивка.	Нормальний	8000	0,2	Перекачувана рідина: вода або інші рідини із вмістом частинок до 0,1%
		Логарифм. норм	8000	0,8	
		Нормальний	12000	0,2	
		Нормальний	8000	0,2	
		Нормальний	20000	0,2	
			32000	0,2	
		Нормальний	25000	0,2	
			45000	0,2	
		Вейбулла	20000	0,72	
		Логарифм. норм.	8000	0,8	
		Лог. норм.			
		Нормальний	25000	0,8	
	3000	0,2			

Продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6
Фекальні БМ, СВН	Захисна втулка сальника.	Нормаль- ний	6000	0,2	Перекачу- вана рідина: – густина до – 1050 кг/м ³ ; – t до 100 °С; – об'ємна концентр. абразивн. частинок не більше 1 %
	Торцеве ущільнення.	Нормаль- ний	5000	0,2	
	Кільце ущільнення.	Нормаль- ний	8000	0,2	
	Робоче колесо.	Нормаль- ний			
	Корпус насоса.	Нормальн.	12500	0,2	
	Підшипники кочення.	Нормальн. Вейбулла	25000	0,2	
	Вкладиші підшипників ковзання	Логарифм. нормальн.	16000	0,72	
Грунтові, піскові	Сальникова набивка.	Нормаль- ний	300	0,2	Піщано- гравійні й абразивні гідросуміші з густиною до 1800 кг/м ³
	Захисна втулка (залежно від матеріалу).	Нормаль- ний	120 – 300	0,2	
	Робоче колесо: – із вуглец. сталі; – зі спец. матер.	Нормаль- ний	120	0,2	
	Кільця ущільень: – із вуглец. сталі; – зі спец. матер.		300	0,2	
	Корпус: – із вуглец. сталі; – зі спец. матер.	Нормаль- ний	120	0,2	
	Бронедиск: – із вуглец. сталі;		300	0,2	
		Нормаль- ний	750	0,2	
			180	0,2	
			450	0,2	

Продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6
	Вал.	Логарифм. нормальн.	8000	0,2	
	Підшипники кочення	Вейбулла	12000	0,72	
Хімічні, нафтові	Вузол ущільнення	Нормальний.	2000	0,3	Перекачувана рідина: сірчана та азотна кислоти, нафта та нафтопродукти
	Робоче колесо.	Нормальний	6000	0,3	
	Кільця ущільнення.	Нормальний	6000	0,3	
	Корпус насоса.	Нормальн.	12000	0,3	
	Вал.	Експонен.	12000	0,3	
	Підшипники кочення	Вейбулла	12000	0,72	
Енергетичні: живильні, конденсатні, мережні, циркуляційні	Сальникова набивка.	Нормальний	1500–2000	0,2	Перекачувана рідина: – питна вода; – конденсат відпрацьованої пари; – вода теплових мереж
	Захистна втулка.	Нормальний	4000–5000	0,2	
	Торцеве ущільнення.	Нормальний	12500	0,2	
	Робоче колесо.	Нормальний	5000–6000	0,2	
	Кільця ущільнень.	Нормальний	5000–6000	0,2	
	Корпус.	Нормальний	25000	0,2	
	Вал.	Логарифм. норм.	25000	0,8	
		Вейбулла.	20000	0,72	
	Підшипники кочення.	Логарифм.	3000	0,8	
Підшипники ковзання	норм.				

Додаток Д
(довідковий)

Призначення насоса	Особливість насоса	Коефіцієнт експлуатації K_e	Установлений термін придатності $T_{пр. в}$, років
Для чистої води, нейтральних холодних рідин	Тип К, КМ, вихрові	0,5	8
	Тип Д	0,5	12
	Багатоступінчасті ЦН та ЦНС	0,4	15
Грунтові, піскові	Малі і середні	0,5	3
Фекальні	ФГ, СВН	0,5	6
Для паперових мас	Консольні одноступінчасті	0,5	5
Для хімічних виробництв	Консольні одноступінчасті	0,6	4
Нафтові	Магістральні	0,6	20
Мережні	—	0,4	22
Для енергосистем	Живильні	0,5	15
	Конденсатні	0,5	15

