

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технічної теплофізики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»
освітньо-професійної програми «Компресори, пневмоагрегати
та вакуумна техніка» на тему:

"Проектування теплообмінника для кінцевого
охолодження повітря відцентрового компресора"

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Здобувач

Р. С. Чертков

Група

ХК-71

Керівник роботи

С. О. Шарапов

Зміст

| | |
|--|----|
| | с. |
| Вступ | 3 |
| 1 Початкові дані | 9 |
| 2 Тепловий розрахунок повітроохолоджувача | 10 |
| 2.1 Методика розрахунку | 10 |
| 2.2 Початкові дані | 14 |
| 2.3 Послідовність розрахунку | 15 |
| 3 Розрахунок на міцність елементів повітроохолоджувача | 22 |
| 3.1 Розрахунок циліндричної обичайки, яка працює під внутрішнім тиском | 22 |
| 3.2 Розрахунок плаского днища, яке працює під внутрішнім тиском | 23 |
| 3.3 Розрахунок на міцність та герметичність фланцевого з'єднання | 24 |
| 4 Охорона праці | 29 |
| 4.1 Підготовка відцентрового турбокомпресора до пуску | 33 |
| 4.2 Обслуговування компресора під час роботи | 36 |
| 4.3 Зупинка компресора | 36 |
| 4.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях | 37 |
| Список використаних джерел | 40 |

| | | | | | | | |
|------------------|----------------|-----------------|---------------|-------------|---|-------------|---------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | <i>Чертков</i> | | | | <i>Літ.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Перев.</i> | <i>Шарапов</i> | | | | 2 | 40 | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | <i>СумДУ, гр. ХК-71</i> | | |
| <i>Н. контр.</i> | <i>Шарапов</i> | | | | | | |
| <i>Затв.</i> | <i>Вансєв</i> | | | | | | |
| | | | | | Проектування теплообмінника для кінцевого охолодження повітря відцентрового компресора | | |

Вступ

Відцентрові компресори представляють собою обладнання, що входить до групи компресорів динамічного типу з радіальною конструкцією. Головною перевагою установок даного типу є їх висока продуктивність, яка в рази перевищує показники компресорів інших видів. Завдяки цьому, відцентрові компресори, пристрій яких дозволяє використовувати їх при інтенсивній експлуатації, широко використовуються в промислових масштабах - в нафтопереробній галузі, металообробці та інших сферах діяльності.

Компресорні установки, що складаються в групі обладнання відцентрового типу, являють собою широке розмаїття агрегатів, різних за своїми характеристиками і технічним оснащенням. Але при цьому, відцентровим компресорів характерно загальне стандартне оснащення. Так, обладнання даного типу включає в себе такі основні елементи, як:

- корпус обладнання;
- патрубки - вхідний і вихідний пристрої;
- робочі колеса;
- дифузор;
- привід - може бути різних типів (дизельний, електричний та інші).

Конструкція відцентрових установок може бути різною в залежності від кількості в обладнанні наступних елементів:

- ступенів - одно- і багатоступінчасті;
- роторів - однороторні і багатороторні.

Компресори типу К-250 призначені для стиснення і переміщення атмосферного повітря. Компресори К-250 стаціонарні, компактні, блокові автоматизовані. До складу кожного агрегату входить блок компресор. Блок об'єднує основні функціональні частини агрегату-компресор, електродвигун і

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 3 |

повітроохолоджувач, з'єднані між собою патрубками. Система змащення агрегатів зібрана в окремому блоці, розміщеному поруч з блоком компресора на одному висотному рівні. Приводом компресорів служать електродвигуни змінного струму.

Блок-компресор розміщується на бетонному постаменті фундаменту. З'єднання двигуна з провідним валом компресора проводиться зубчастої муфтою. Ротори компресорів К-250 з'єднані з шестернями зубчастих передач. Високоміцна корозійностіка сталь, з якої виготовляються робочі колеса, обумовлює їх високий ресурс. Оригінальна конструкція лабіринтних ущільнень забезпечує підвищену герметичність, а також підтримує постійний рівень витоків в процесі експлуатації. Сегментні опорні підшипники ковзання компресора створюють стійке положення валів в пусковий період і під час роботи, зводячи вібрацію до мінімуму.

Компресори К-250 оснащені вхідними регулюючими апаратами, що забезпечують широкий діапазон регулювання зі збереженням високого рівня ККД.

Компресори К-250 дозволяють виконувати щоденні зупинки. Блочність конструкції установки зводить витрати на монтаж агрегату до мінімуму. Простота і компактність конструкції забезпечують легкість технічного обслуговування. Агрегати мають значний запас працездатності, зумовлений великою поверхнею охолодження повітроохолоджувачів при їх мінімальній кількості. Турбокомпресори К-250-61-5 призначені для стиснення і подачі повітря в магістральний трубопровід.

Повітряна частина компресорної установки складається з:

- турбокомпресора К-250-61-5 виробництва Хабаровського заводу «Дальэнергомаш»;
- двох проміжних і одного кінцевого повітроохолоджувачів;
- дросельної заслінки на всмоктувальному повітропроводі;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | Лист |
| | | | | | | 4 |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

- двох повітряних фільтрів;
- трубопроводів з арматурою.

Турбокомпресор К-250-61-5, повітряний, стаціонарний, шестиступеневий, однобічного всмоктування, з проміжним охолодженням за другим та четвертим ступенем. Проточна частина турбокомпресора складається з шести ступенів - перші два колеса ротора за ходом повітря - компресорного типу, інші - насосного. Осьові зусилля, що діють на ротор, сприймаються опорно-упорним підшипником. Для зменшення зусилля ротора встановлено розвантажувальний диск (думміс). На турбокомпресорах К-250-61-5, встановлено виносні повітроохолоджувачі. Перший ступінь охолодження - уніфікований повітроохолоджувач з двома уніфікованими трубними пучками. Другий ступінь охолодження - уніфікований повітроохолоджувач з одним уніфікованим трубним пучком (на К-500-61-1, К-500-61-5 з двома трубними пучками). Повітроохолоджувачі призначені для охолодження стисненого повітря після другого та четвертого ступенів. Дросельна заслінка, що встановлена на всмоктувальному повітропроводі компресора, призначена для регулювання витрат і тиску повітря. Керування дросельною заслінкою здійснюється за допомогою електромеханічного приводу, а також машиністом вручну. Повітряні фільтри розташовані на лінії всмоктуванні компресора і призначені для очищення повітря від пилу і механічних частин.

Компресор має два ступені проміжного охолодження. Перший ступінь - уніфікований проміжний Повітроохолоджувач з розміщеними в ньому двома уніфікованими трубними пучками. Другий ступінь охолодження - проміжний Повітроохолоджувач з одним уніфікованим трубним пучком.

Кожен уніфікований проміжний повітроохолоджувач складається з зварного корпусу, пучків трубних, зварних водяних камер. Внутрішні корпуси скомбіновані повітроводи для організації спрямованого потоку через пучки 2.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 5 |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

Уніфіковані трубні пучки зібрані з трубних дошок і мідних трубок цільнокатанного оребрення. Корпус має патрубки з приєднанням фланцями для входу і виходу повітря і патрубки для підведення охолоджуючої води. Підключення води здійснюється протитоком до напрямку потоку повітря.

Для першого ступеня охолодження - основне охолодження збірки уніфікованого повітроохолоджувача потоку повітря проходить напрямлено через обидва пучка.

Повітроохолоджувачі опираються на три опори пружинні, які розвантажують компресор від впливу маси повітря повітроохолоджувача з повітроводами і компенсують лінійно розширення трубопроводів.

Другий ступінь охолодження - повітроохолоджувач опирається на три пружинно-роликові опори. Пружинно-роликові опори призначені для викачування повітроохолоджувача при ремонтах.

Корпус повітроохолоджувача зварний циліндричного перетину з привареними фланцями зверху і знизу для входу і виходу повітря. На бічній стінці корпусу розташовані два прямокутних фланця для приєднання литих водяних камер і трубних пучків. У корпусі приварені дві лапи для пружинних опор повітроохолоджувача. У загальному корпусі повітроохолоджувача розміщені два трубних пучки; трубки – краплеподібного профілю з напаяними ребрами-пластинками прямокутного перетину. Усередині трубок протікає вода для охолодження повітря.

Повітроохолоджувач розташовано під компресором. Для викочування трубного пучка передбачено три ролики, один із яких укріплений на передній водяній камері, а два знаходяться усередині корпусу, де вони спираються на відповідні напрямні. Конструкція повітроохолоджувача допускає виймання і чищення пучка трубок без розбирання корпусу повітроохолоджувача і без роз'єднання повітропроводів між корпусом компресора і повітроохолоджувачем. При капітальному ремонті проміжні і кінцеві

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 6 |

повітроохолоджувачі піддають гідравлічному випробуванню під тиском 4 кгс/см².

Таблиця 1 – Технічна характеристика турбокомпресора К-250-61-5

| | |
|--|---|
| Тип нагнітача | Відцентровий, стаціонарний, однокорпусний, багатоступеневий |
| Робоче середовище | Повітря |
| Кінцевий тиск нагнітання | 9 кгс/см ² |
| Продуктивність | 250 м ³ /хв |
| Число обертів ротора | 10935 об/хв |
| Нормальне обертання ротора турбокомпресора | Проти годинної стрілки, якщо дивитися з боку електродвигуна |
| Тип системи змащування | Циркуляційна |
| Тип мастила для змащування | ТСП-22 |
| Ємність системи змащування | 1800 л |
| Продуктивність основного мастильного насоса | 250 л/хв |
| Тиск, що розвивається основним оливним насосом | 5 кгс/см ² |
| Система пуску | Електрична |
| Регулювання, захист | Автоматичне |

Таблиця 2 – Технічна характеристика охолоджувача повітря ВОР-79,2

| | |
|---|-----------------------------|
| Тиск повітря на вході в повітроохолоджувач Па (кгс/см ²)(атм) | 9 · 10 ⁵ (9) |
| Температура повітря на вході в повітроохолоджувач, °С | 140 |
| Температура повітря на виході з повітроохолоджувач | 28 ⁺¹⁰ |
| Втрати тиску в повітроохолоджувачі Па (кгс/см ²)(атм) | 0,04 · 10 ³ |
| Продуктивність повітроохолоджувача. Охолодженого повітрям, м ³ /хв | 290 |
| Температура охолоджуючої води на вході, °С | 20 ⁺¹⁰ |
| Витрата охолоджуючої води, м ³ / год | 40 |
| Тиск води, Па, (кгс/см ²)(атм) | 3 · 10 ⁵ (3) |
| Гідравлічний опір водяній порожнині повітроохолоджувача, Па (кгс/ см ²) | 0,4 · 10 ⁵ (0,4) |
| Загальна площа охолоджувальної поверхні, М ² | 79,2 |
| Кількість трубних пусків ,шт. | 1 |
| Внутрішній діаметр труб в пучках, мм | 10 |
| Загальна кількість труб в трубному пучку, шт. | 792 |
| Робоча довжина труб в пучку, мм | 565 |
| Коефіцієнт оребрення охолоджуючих труб | 5,64 |
| Число ходів повітря в повітроохолоджувачі | 1 |
| Число ходів в повітроохолоджувачі | 6 |

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

КМ 07.00.00.00 ПЗ

Лист

8

1 Початкові дані

Тиск повітря на вході P , Па;

Температура повітря на вході T_r , К;

Температура води T_w , К;

Продуктивність повітроохолоджувача G_r , кг/с;

Витрата охолоджуючої води G_w м³ /год;

Загальна площа охолоджувальної поверхні F , м²;

Робоча довжина труб в пучку H , мм;

Загальна кількість труб в пучку K , шт;

Число рядів труб походу повітря Z , шт;

Число труб в поперечному ряду пучка N , шт;

Число ходів повітря в повітроохолоджувачі Π_1 ;

Число ходів води в повітроохолоджувачі Π_2 ;

Несучий діаметр трубки d_n , м;

Внутрішній діаметр трубки $d_{вн}$, м;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 9 |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

2 Тепловий розрахунок повітроохолоджувача

2.1 Методика розрахунку

Площа стисненого перетину для проходу газу визначимо за формулою

$$f_{с.ж.} = S \cdot N \cdot H \cdot \frac{f_{с.ж.}}{f_{ф.р.}} M^2,$$

де S - поперечний крок компоновки;

$\frac{f_{с.ж.}}{f_{ф.р.}}$ – коефіцієнт засмічення перетину;

Площа для проходу води дорівнює:

$$f_{т.р.} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2 \cdot Z \cdot N}{4 \cdot \pi_2} M^2$$

Середня швидкість повітря в повітроохолоджувачі визначиться за формулою:

$$w_r = \frac{Gr}{f_{с.ж.} \cdot \rho} \text{ м/с,}$$

де ρ – густина повітря, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ при ρ и t

Число Рейнольдса дорівнює:

$$Re = \frac{w_r \cdot d_{н} \cdot \rho}{\mathcal{M}},$$

де \mathcal{M} – динамічна в'язкість повітря при P и $tr.$ ср.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | KM 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

Число Нусельта дорівнює:

$$Nu = 0,134Re^{0,65}$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря визначаємо за формулою:

$$d_r = Nu \cdot \frac{\lambda}{d_H} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} ,$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності повітря при P і $tr.$ ср.

Швидкість води в повітроохолоджувачі визначиться за формулою:

$$\omega_w = \frac{G}{f_{m.p.} \cdot \rho} \text{ м/с} ,$$

де ρ – густина води, кг/м^2 при t_w ср.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{d_r} + \frac{\vartheta_{cp}}{d_w}} ,$$

де ϑ_{cp} – коефіцієнт оребрення охолоджуючих труб

Водяний еквівалент води визначиться за формулою:

$$W'' = Gw \cdot C_{pw} \text{ Вт/к} ,$$

де C_{pw} – теплоємність води

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 11 |

Водяний еквівалент повітря дорівнює:

$$W' = Gr \cdot Cpr \text{ вт/к},$$

де Cpr – теплоємність повітря

Відносний водяний еквівалент :

$$W = \frac{W'}{W''}$$

Поверхня одного ходу води дорівнює:

$$F_x = \frac{Fp \cdot Z \cdot N \cdot H}{\Pi} M^2,$$

де Fp – поверхня одного Па г. м. труби

Число одиниць перенесення тепла одного ходу:

$$\varepsilon = \frac{K \cdot F_x}{W'}$$

Коефіцієнт рекуперації одного ходу:

$$t_x = 1 - e^{-\frac{1}{w}}(1 - e^{-\varepsilon w})$$

Загальний коефіцієнт рекуперації повітроохолоджувача:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | KM 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 12 |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$l_{об} = \frac{\left(\frac{1-l_x \cdot W}{1-l_x}\right) - 1}{\left(\frac{1-l_x \cdot W}{1-l_x}\right) - W}$$

Розрахункова температура повітря на виході з повітроохолоджувача:

$$T_{r2} = T_{r1} - l_{об}(T_{r1} - T_{w1}) \quad \text{K}(^{\circ}\text{C})$$

Температурний параметр дорівнює:

$$a = \frac{T_{r1}}{T_{w1}} - 1$$

Напірний параметр дорівнює:

$$B = \frac{\frac{1}{\pi\sigma}}{\sigma(\pi\sigma - 1)},$$

де $\sigma = \frac{\text{К}}{\text{К}-1} \cdot \eta$

π – ступінь підвищення тиску

Коефіцієнт опору по газу дорівнює:

$$\varepsilon = 6,64^{-0,267}$$

Втрати тиску в повітроохолоджувачі:

$$\Delta p = \varepsilon \frac{\rho \cdot W^2}{2} (z + 1) \quad \text{Па}$$

Коефіцієнт досконалості повітроохолоджувача:

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 13 |

$$\psi = 1 + \alpha(1 - \iota_{об}) + \nu \cdot z ,$$

де $z = \frac{\Delta p}{p}$ – відносні втрати

Гідравлічний опір водяної порожнини:

$$\Delta P_w = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2 \cdot L}{2 \cdot d_{вн}} \text{ Па,}$$

де $L = H \cdot \pi^2$

ξ – коефіцієнт опору по воді

2.2 Початкові дані

| Найменування величин: | Числове значення |
|--|------------------|
| Тиск повітря на вході Р,Па; | $8 \cdot 10^5$ |
| Температура повітря на вході Тr, К; | 413 |
| Температура води Tw,К; | 293 |
| Продуктивність повітроохолоджувача Gr,кг/с; | 4,867 |
| Витрата охолоджуючої води Gw ^{м3} /год; | 40 |
| Загальна площа охолоджувальної поверхні F,м ² ; | 79,2 |
| Робоча довжина труб в пучку Н,мм; | 565 |
| Загальна кількість труб в пучку К,шт; | 792 |
| Число рядів труб походу повітря Z,шт; | 36 |
| Число труб в поперечному ряду пучка N,шт; | 21 |
| Число ходів повітря в повітроохолоджувачі П ₁ ; | 1 |
| Число ходів води в повітроохолоджувачі П ₂ ; | 6 |
| Несучий діаметр трубки d _н ,м; | 0,012 |
| Внутрішній діаметр трубки d _{вн} ,м; | 0,01 |

2.3 Послідовність розрахунку

Площа стисненого перетину для проходу газу визначимо за формулою

$$f_{с.ж.} = S \cdot N \cdot H \cdot \frac{f_{с.ж.}}{f_{ф.р.}} M^2,$$

де S- поперечний крок компоновки;

$\frac{f_{с.ж.}}{f_{ф.р.}}$ – коефіцієнт засмічення перетину;

$$f_{с.ж.} = 0,0196 \cdot 21 \cdot 0,565 \cdot 0,2 = 0,0466 \text{ м}^2$$

Площа для проходу води дорівнює:

$$f_{m.p.} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2 \cdot Z \cdot N}{4 \cdot \pi_2} M^2$$

$$f_{m.p.} = \frac{3,14 \cdot 0,01^2 \cdot 36 \cdot 21}{4 \cdot 6} = 0,0099 \text{ м}^2$$

Середня швидкість повітря в повітроохолоджувачі визначиться за формулою:

$$w_r = \frac{Gr}{f_{с.ж.} \cdot \rho} \text{ м/с,}$$

де ρ – густина повітря, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ при ρ и t

$$w_r = \frac{4,867}{0,0466 \cdot 7,9} = 13,2$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

Число Рейнольдса дорівнює:

$$Re = \frac{Wr \cdot d_H \cdot \rho}{\mathcal{M}},$$

$$Re = \frac{13,2 \cdot 0,012 \cdot 7,9}{21,66 \cdot 10^{-6}} = 57773$$

де \mathcal{M} – динамічна в'язкість повітря при P и $tr.$ ср.

Число Нусельта дорівнює:

$$Nu = 0,134 Re^{0,65}$$

$$Nu = 0,134 \cdot 57773^{0,65} = 637$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря визначаємо за формулою:

$$d_r = Nu \cdot \frac{\lambda}{d_H} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності повітря при P и $tr.$ ср.

$$d_r = 637 \cdot \frac{3,094 \cdot 10^{-2}}{0,012} = 247$$

Швидкість води в повітроохолоджувачі визначиться за формулою:

$$\omega_w = \frac{G}{f_{m.p.} \cdot \rho} \text{ м/с},$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | KM 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 16 |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

де ρ - густина води, кг/м^2 при t_w ср.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{dr} + \frac{\vartheta_{\text{ср}}}{dw}},$$

де $\vartheta_{\text{ср}}$ – коефіцієнт оребрення охолоджуючих труб

$$K = \frac{1}{\frac{1}{247} + \frac{5,64}{5229}} = 194,8$$

Водяний еквівалент води визначиться за формулою:

$$W'' = Gw \cdot C_{pw} \text{ вт/к},$$

де C_{pw} – теплоємність води

$$W'' = 46398$$

Водяний еквівалент повітря дорівнює:

$$W' = Gr \cdot C_{pr} \text{ вт/к},$$

де C_{pr} – теплоємність повітря

$$W' = 4910$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

Відносний водяний еквівалент :

$$W = \frac{W'}{W''}$$

$$W = 0,106$$

Поверхня одного ходу води дорівнює:

$$F_x = \frac{Fp \cdot Z \cdot N \cdot H}{\Pi} M^2,$$

де Fp – поверхня одного Па г. м. труби

$$F_x = \frac{0.177 \cdot 36 \cdot 0,565 \cdot 21}{6} = 12,6 \text{ м}^3$$

Число одиниць перенесення тепла одного ходу:

$$\varepsilon = \frac{K \cdot F_x}{W'}$$

$$\varepsilon = \frac{194,8 \cdot 12,6}{4910} = 0,5$$

Коефіцієнт рекуперації одного ходу:

$$t_x = 1 - e^{-\frac{1}{w}(1 - e^{-\varepsilon w})}$$

$$t_x = 0,38$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | KM 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

Загальний коефіцієнт рекуперації повітроохолоджувача:

$$l_{об} = \frac{\left(\frac{1-l_x \cdot W}{1-l_x}\right) - 1}{\left(\frac{1-l_x \cdot W}{1-l_x}\right) - W}$$

$$l_{об} = 0,933$$

Розрахункова температура повітря на виході з повітроохолоджувача:

$$T_{r2} = T_{r1} - l_{об}(T_{r1} - T_{w1}) \quad \text{К(°C)}$$

$$T_{r2} = 301 \text{ (28)}$$

Температурний параметр дорівнює:

$$a = \frac{T_{r1}}{T_{w1}} - 1$$

$$a = \frac{413}{293} - 1 = 0,41$$

Напірний параметр дорівнює:

$$B = \frac{\frac{1}{\pi \sigma}}{\sigma(\pi \sigma - 1)},$$

$$\text{де } \sigma = \frac{\text{К}}{\text{К}-1} \cdot \eta$$

π – ступінь підвищення тиску

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 19 |

$$B = \frac{2,1^{\frac{1}{2,8}}}{2,8(2,1^{\frac{1}{2,8}} - 1)} = 1,65$$

Коефіцієнт опору по газу дорівнює:

$$\varepsilon = 6,64^{-0,267}$$

$$\varepsilon = 0,356$$

Втрати тиску в повітроохолоджувачі:

$$\Delta p = \varepsilon \frac{\rho \cdot w^2}{2} (z + 1) \text{ Па}$$

$$\Delta p = 686,8$$

Коефіцієнт досконалості повітроохолоджувача:

$$\psi = 1 + \alpha(1 - \iota_{об}) + B \cdot z ,$$

де $z = \frac{\Delta p}{p}$ – відносні втрати

Гідравлічний опір водяної порожнини:

$$\Delta P_w = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2 \cdot L}{2 \cdot d_{вн}} \text{ Па,}$$

де $L = H \cdot \pi^2$

ξ – коефіцієнт опору по воді

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 20 |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$z = \frac{686,8}{8 \cdot 10^5} = 0,000858$$

$$L = H \cdot \pi^2 = 0,565 \cdot 6 = 3,39 \text{ м}$$

$$\xi = \frac{0,316}{RlW^{0,25}} \xi = 0,03$$

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 21 |

3 Розрахунок на міцність елементів повітоохолоджувача

3.1 Розрахунок циліндричної обичайки, яка працює під внутрішнім тиском

3.1.1 Розрахункова товщина стінки:

$$S_p = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi_p - p}$$

$$S_p = \frac{3 \cdot 0,92}{2 \cdot 147 \cdot 0,9 - 3} = 0,01 \text{ м}$$

$$S = s_p + C$$

3.1.2 Товщина стінки:

$$S = 10 + 1 + 1,5 + 0 = 12,5 \approx 13 \text{ мм}$$

3.1.3 Допустимий внутрішній надлишковий тиск слід розраховувати за формулою:

$$[p] = \frac{2[\delta] \cdot \varphi_p (S - C)}{D + (S - C)}$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 147 \cdot 0,9 \cdot 10,5}{920 - 10,5} = 3,05 \text{ МПа}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

3.1.4 Умова забезпечення міцності обичайки

$$p < [p]$$

0.3 < 3,05 – умова виконується.

3.2. Розрахунок плоского днища, яке працює під внутрішнім тиском

3.2.1 Товщину плоских днищ і кришок судин і апаратів, що працюють під внутрішнім надлишковим або зовнішнім тиском, розраховують за формулою:

$$S_1 \geq S_{1p} + C$$

$$S_{1p} = K \cdot K_0 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{\varphi[\sigma]}}$$

$$S_{1p} = 0,45 \cdot 1,398 \cdot 920 \sqrt{\frac{0,3}{1,0 \cdot 147}} = 26,15$$

$$S_1 = 26,15 + 1,5 = 28,65 \approx 30 \text{ мм}$$

3.2.2 Значення коефіцієнта ослаблення K_0 для днищ і кришок, що мають один отвір, визначають за формулою:

$$K_0 = \sqrt{1 + \left(\frac{d}{D_p}\right) + \left(\frac{d}{D_p}\right)^2}$$

$$K_0 = \sqrt{1 + \left(\frac{550}{920}\right) + \left(\frac{550}{920}\right)^2} = 1,398$$

| | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|-------------------|------|
| | | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | | 23 |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | |

3.2.3. Допустимий тиск на пласке днище або кришку визначають за формулою:

$$[p] = \left(\frac{S_1 - C}{K \cdot K_0 \cdot D_p} \right)^2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi$$

$$[p] = \left(\frac{30-2.5}{0,45 \cdot 1,398 \cdot 920} \right)^2 \cdot 147 \cdot 1,0 = 0,33$$

3.2.4 Умова забезпечення міцності днища

$$p < [p]$$

0,3 < 0,33 – умова виконується.

3.3 Розрахунок на міцність та герметичність фланцевого з'єднання

Ефективну ширину прокладки обчислюють за формулами:

- для пласких прокладок:

$$b_0 = b_n \text{ при } b_n \leq 15 \text{ мм}$$

$$b_0 = 3,8\sqrt{b_n} \text{ при } b_n > 15 \text{ мм}$$

$$b_0 = 3,8\sqrt{b_n} = 3,8\sqrt{30} = 20,8 \text{ мм}$$

- розрахунковий діаметр плоских прокладок обчислюють за формулою:

$$D_{cn} = D_{н.н.} - b_0;$$

$$D_{cn} = 550 - 20,8 = 530 \text{ мм}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | KM 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Зусилля, необхідне для зминання прокладки а при затягуванні, обчислюють за формулою:

$$P_{\text{обж}} = 0,5\pi D_{\text{сп}} \cdot q_{\text{обж}} = 0,5\pi \cdot 530 \cdot 4 = 3,330 \text{ Н}$$

Зусилля на прокладці в робочих умовах, необхідне для забезпечення герметичності фланцевого з'єднання, обчислюють за формулою:

$$R_{\text{п}} = \pi D_{\text{сп}} d_0 m p = \pi \cdot 530 \cdot 20,8 \cdot 1 \cdot 0,9 = 3,116 \text{ Н}$$

Сумарну площу перетину болтів по внутрішньому діаметру різьби або навантаженому перетин найменшого діаметра, обчислюють за формулою:

$$A_{\text{б}} = n f_{\text{б}} = 255 \cdot 452 = 115,260 \text{ мм}^2$$

$$f_{\text{б}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 24^2}{4} = 452 \text{ мм}^2$$

Рівнодіюче навантаження від тиску, обчислюють за формулою:

$$Q_A = 0,785 D_{\text{сп}}^2 p = 0,785 \cdot 0,053 \cdot 0,9 = 0,374 \text{ МПа}$$

Наведене навантаження, викликану впливом зовнішньої сили і згинального моменту, обчислюють за формулою:

$$Q_{FM} = F \pm \frac{|M|}{D_{\text{сп}}} = 4,5 - \frac{|0,022|}{530} = 4,49 \text{ МПа}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

Навантаження, викликану стисненістю температурних деформацій, обчислюють за формулою в з'єднаннях приварними встик і з плоскими фланцями:

$$Q_t = \gamma [a_{\varphi 1} h_{\varphi 1} (t_{\varphi 1} - 20) + a_{\varphi 2} h_{\varphi 2} (t_{\varphi 2} - 20) - \alpha_6 (h_1 + h_2) (t_6 - 20)]$$

$$Q_t = 120 [11,1 \cdot 0,040 (84 - 20) + 11,1 \cdot 0,040] (80 - 20) - 12,9 (0,040 + 0,040) (76 - 20) = 66,0672 \text{ МПа}$$

Розрахункове навантаження на болти (шпильки) фланцевих з'єднань, обчислюють за формулою:

- при затягуванні фланцевого з'єднання:

$$P_6^M = \max \{P_{61}; P_{62}\}$$

$$P_6^M = \max \left[\begin{array}{l} \alpha(Q_d + F) + R_n + \frac{4\alpha_M |M|}{D_{\text{сп}}} \\ \alpha(Q_d + F) + R_n + \frac{4\alpha_M |M|}{D_{\text{сп}}} - Q_1 \end{array} \right]$$

$$= \max \left[\begin{array}{l} P_{61} \\ 140(198,4 + 4,5) + 3,116 + \frac{4 \cdot 140 |0,022|}{530} \\ 140(198,4 + 4,5) + 3,116 + \frac{4 \cdot 140 |0,022|}{530} - 66,0672 \end{array} \right]$$

$$= 28,4131 \text{ МПа}$$

$$P_{62} = \max \{P_{\text{обж}}; 0,4A_6[\sigma]_0^6\} = \max \{3,330; 0,4 \cdot 140\} = 18,648 \text{ МПа}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

- у робочих умовах:

$$P_6^p = P_6^m + (1 - \alpha) \left(Q_d + \frac{4(1-\alpha_m)|M|}{D_{сп}} \right) = 28,4131 + (1 - 140) \left(198,4 + \frac{4(1-140)|0,022|}{530} \right) = 22,680 \text{ МПа}$$

Розрахункові напруги в болтах, обчислюють за формулою:

- при затягуванні:

$$\sigma_{61} = \frac{P_6^m}{A_6} = \frac{6,9403}{115,260} = 60,2 \text{ МПа}$$

- в робочих умовах:

$$\sigma_{61} = \frac{P_6^p}{A_6} = 31,8$$

Умови міцності болтів (шпильок), обчислюють за формулою:

- при затягуванні:

$$\sigma_{61} \leq [\sigma]_m^6$$

$$60,2 \leq 180$$

- в робочих умовах:

$$\sigma_{62} \leq [\sigma]_p^6$$

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 27 |

$$31,8 \leq 125$$

Умова міцності прокладки (перевіряється для м'яких прокладок),
обчислюють за формулою:

$$q = \max \left\{ \frac{P_6^M; P_6^P}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} \right\} \leq [q] = \frac{\{60,2; 31,8\}}{\pi \cdot 0,530 \cdot 30} \leq [20] = 1,21 \leq [20]$$

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 28 |

4 Охорона праці

До обслуговування компресорних установок можуть бути допущені особи, не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд та не мають медичних протипоказань, навчання та перевірку знань в установленому порядку [3].

Машиніст допускається до самостійної роботи після проходження первинного інструктажу на робочому місці з записом у «Журнал реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці», теоретичного і практичного навчання відповідно до програми навчання і в обсязі вимог діючих інструкцій, проходження стажування на робочому місці протягом не менше 10 робочих змін (днів), перевірки знань цеховою екзаменаційною комісією з оформленням протоколу перевірки знань, оформлення розпорядження по цеху з ознайомленням під підпис працівника про допуск до самостійної роботи. До обслуговування посудин, що працюють під тиском, допускається машиніст, який має посвідчення встановленого зразку та пройшов перевірку знань в установленому порядку. Перед допуском до самостійної роботи начальник дільниці зобов'язаний видати машиністу під підпис інструкцію з охорони праці по робочому місцю. При незадовільних результатах перевірки знань з питань охорони праці машиніст впродовж одного місяця зобов'язаний пройти повторне навчання і повторну перевірку знань. При незадовільних результатах повторної перевірки знань питання працевлаштування вирішується згідно з діючим законодавством.

Періодична перевірка знань «Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» проводиться не рідше одного разу на рік екзаменаційною комісією підприємства. Результати перевірки знань оформляються протоколом за підписом голови і членів комісії з записом в посвідченні. Чергову перевірку знань з охорони праці проводить цехова

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | KM 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 29 |

екзаменаційна комісія за участю особи, відповідальної за електрогосподарство цеху, один раз на рік з оформленням протоколу. Повторний інструктаж з охорони праці проводить не рідше одного разу на 3 місяці після первинного інструктажу безпосередній керівник машиніста з записом у «Журнал реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці».

При систематичному порушенні трудової і виробничої дисципліни, грубому порушенні правил і інструкцій з охорони праці, незадовільній оцінці теоретичних знань і практичних навичок при перевірці екзаменаційною комісією, машиніст розпорядженням по цеху може бути відсторонений від роботи.

Машиніст зобов'язаний:

Знати і виконувати вимоги нормативних актів з охорони праці. Знати вимоги цієї інструкції. В процесі роботи виконувати їхні вимоги, використовувати засоби колективного і індивідуального захисту. Не виконувати розпорядження, що суперечать вимогам правил охорони праці.

Не виконувати роботу на несправному устаткуванні, при недостатньому освітленні, без заземлення устаткування, без захисних огорож. Про всі несправності повідомляти майстру зміни (начальнику дільниці) з обов'язковим записом у «Змінному журналі з обліку виявлених дефектів та робіт технічного обслуговування». Вчасно вживати заходів щодо запобігання аварійним ситуаціям, порушенням технологічного режиму. Знати технологію процесу на робочому місці, будову і принцип роботи технологічного устаткування, засобів КВП та А.

Дотримуватись технологічного режиму роботи компресорів. Постійно в процесі роботи контролювати дотримання норм технологічного режиму роботи устаткування, приладів, комунікацій, вживати необхідних заходів щодо усунення порушень та відхилень в роботі. Правильно і своєчасно

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 30 |

робити записи в журналах «Добова відомість роботи турбокомпресора», «Оперативний журнал машиніста компресорних установок», «Журнал обліку роботи гвинтових компресорів і адсорбційного осушувача (компресорна станція №3)». Своєчасно виконувати очищення водяних фільтрів, набивку і підтяжку сальникових ущільнень, а також разом з слюсарем-ремонтником (черговим) проводити очищення повітряних фільтрів в камерах усмоктування.

Під час роботи блочної вентиляторної градирні БВГ-600 машиніст зобов'язаний кожну зміну здійснювати візуальний огляд обладнання градирні на предмет відсутності течі у фланцевих з'єднаннях, стороннього шуму і вібрації при роботі вентилятора і насоса подачі води. Не залишати працюючі компресори без постійного нагляду. Якщо машиністу необхідно на короткий час відлучитись з робочого місця у випадках, не пов'язаних з обслуговуванням компресорів, він зобов'язаний отримати дозвіл майстра зміни, а нагляд за компресорами має бути покладено на іншого машиніста. При роботі в місцях, де є підвищений рівень виробничого шуму, застосовувати засоби індивідуального захисту органів слуху.

Машиніст має право:

Вимагати від керівництва цеху:

- забезпечення справними основним і допоміжним інструментом і пристосуваннями;
- забезпечення безпечних умов праці на своєму робочому місці;
- своєчасного забезпечення спецодягом, спецвзуттям, засобами індивідуального захисту, нормальних побутових умов;
- своєчасного і якісного ремонту компресорів та допоміжного устаткування;
- усунення зауважень, що спричиняють порушення правил охорони праці;

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 31 |

- забезпечення робочого місця інструкціями з охорони праці, технологічними схемами [7].

Зупинити устаткування при виявленні поломки або іншої несправності, а також при аварійному режимі роботи, сповістити про це майстра зміни та машиніста, який приймає зміну.

Припиняти проведення ремонтних робіт на своєму робочому місці, якщо ремонтний персонал заважає безпечній експлуатації устаткування. Не допускати присутності на робочому місці сторонніх осіб, які не мають відношення до виконуваної ним роботи. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори та їхня дія на організм людини. Машиніст зобов'язаний знати основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори на своєму робочому місці. Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами для машиніста є:

- небезпечне значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може спричинити ураження електричним струмом;
- частини механізмів і устаткування, що обертаються та рухаються;
- підвищений рівень виробничого шуму;
- висока температура зовнішніх поверхонь устаткування.

Електричний струм, проходячи через організм людини, спричиняє біологічну, електролітичну, термічну і механічну дію [5, 8-11].

Біологічна дія струму проявляється в подразненні і збудженні живих тканин організму, які супроводжуються судорожними скороченнями м'язів, зокрема м'язів легенів та серця.

Електролітична дія електричного струму проявляється в розкладанні крові і інших органічних рідин, спричиняючи значні порушення їхнього фізико-хімічного складу. Термічна дія електричного струму проявляється в опіках окремих ділянок тіла, нагріві кровоносних судин, нервів, крові тощо.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 32 |

Механічна дія електричного струму проявляється в розриві та інших пошкодженнях різних тканин організму.

Підвищений рівень шуму має шкідливий вплив на організм людини. За його тривалої дії на людину знижується гострота слуху, підвищується кров'яний тиск, погіршуються увага та зір, порушується координація рухів. Гранично допустимий санітарними нормами рівень шуму у виробничих приміщеннях – 80 дБА [4, 6].

4.1 Підготовка відцентрового турбокомпресора до пуску

Машиніст зобов'язаний підготовку до пуску і пуск відцентрового компресора виконувати за наявності письмового розпорядження в «Журналі розпоряджень» майстра зміни (або начальника дільниці), за узгодженням з головним енергетиком).

Пуск відцентрового компресора після ремонту проводиться під керівництвом начальника дільниці, заступника начальника цеху (з устаткування). Перед пуском компресора машиніст зобов'язаний оглянути компресор, електродвигун та все допоміжне устаткування, звернувши особливу увагу на ті місця, де проводився ремонт. Переконатися у відсутності помітних зовні несправностей, сторонніх предметів, а також витоку оливи в межах агрегату. При виявленні відхилень - усунути їх.

При підготовці до пуску компресора К-250-61-5 машиніст зобов'язаний:
Встановити ключ «Керування компресором» в положення «Стоп».

Викликати чергового слюсаря з КВПтаА для перевірки наявності та справності контрольно-вимірювальних приладів та включення реєструючих приладів. Переконатися, що до електроприводів засувки, пульту керування та сигналізації подано електронапругу. Оглянути оливну систему і переконатися в справності усіх вузлів і відсутності течі оливи. Перевірити рівень оливи в оливному баку. Переконатися в справності вузлів системи регулювання та

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 33 |

захисту. Перевірити працездатність дросельної заслінки і протипомпажного клапану шляхом відкриття їх з щита керування кнопкою пускача «Відкрито», «Стоп», «Закрито», контроль положення здійснювати за світловою сигнальною лампою за показником положення дросельної заслінки та протипомпажного клапану на щиті керування. Помпажний клапан має бути відкритим (пропускна здатність протипомпажного клапану дозволяє повністю стравити повітря після компресора в атмосферу). Дросельна заслінка має бути відкритою до 20 ° за шкалою.

Контроль цих параметрів здійснювати за показаннями манометрів на щиті в машинній залі.

Переконайтеся в справності зворотного клапану. При підйомі важелем клапан має не заїдати і плавно сідати на місце. Подати охолоджувальну воду на проміжні та кінцевий повітроохолоджувачі. Переконайтеся у відсутності попереджувальних і аварійних сигналів на панелі сигналізації. За наявності сигналу, разом з електриком і черговим слюсарем з КВП та А з'ясувати причину його появи і усунути її. Не дозволяється виконувати пуск компресора за наявності попереджувальних аварійних сигналів. Встановити ключ режиму роботи на шафі керування в положення «Ручний режим». Захист за осьовим зміщенням має бути включеним, а протипомпажний захист та захист за температурою підшипників мають бути відключеними.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 34 |

Табл. 4.1 Параметри роботи компресорів

| № п/п | Найменування параметра | Нормальний режим роботи | Аварійний режим роботи |
|----------|--|-----------------------------|--|
| | | К-250 | К-250 |
| 1 | Тиск оливи до редукційного клапана | 4,5-5,5 кгс/см ² | Менше 4,5 кгс/см ² |
| 2 | Тиск оливи в оливопроводі до підшипників | 0,9-1,2 кгс/см ² | Менше 0,9 кгс/см ² |
| 3 | Тиск оливи на опорно- упорному підшипнику | 3,0 кгс/см ² | Більше 3,0 кгс/см ² |
| 4 | Тиск оливи на реле осьового зміщення | | На 0,6 кгс/см ² вище початкового показання манометра |
| 5 | Температура оливи перед оливоохолоджувачем | До 55 °С | Більше 55 °С |
| 6 | Температура оливи після оливоохолоджувача | 35-45 °С | Більше 45 °С |
| 7 | Температура підшипників | 45-70 °С | 72 °С |
| 8 | Температура повітря перед повітроохолоджувачем | До 160 °С | Більше 160 °С |
| 9 | Температура повітря після повітроохолоджувача | 40-70 °С | 75 °С |
| 10 | Тиск води на вході в компресор | 1,0-3,0 кгс/см ² | Нижче 1,0 кгс/см ² |
| 11 | Температура обмоток двигуна | До 75 °С | 80 °С |

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

КМ 07.00.00.00 ПЗ

Лист

35

4.2 Обслуговування компресора під час роботи

При обслуговуванні компресора машиніст зобов'язаний:

Контролювати роботу устаткування за показаннями контрольних вимірювальних приладів і кожну годину заносити їх до «Добової відомості роботи турбокомпресора».

У випадку виявлення гранично-допустимих або перевищуючих їх показань приладів вжити заходів щодо усунення виникнення цих порушень.

Періодично, не рідше чотирьох раз на зміну, а також у випадку різкої зміни режиму роботи компресора, прослуховувати агрегат.

Стежити за рівнем оливи в мастильному баці (1,0 - 4,0 кгс/см² за показаннями

манометра для компресора К-250).

Перевіряти справність ламп сигналізації.

Один раз на тиждень вмикати і перевіряти пусковий оливний насос, результати фіксувати в «Добовій відомості роботи турбокомпресора» із зазначенням часу.

При роботі компресора в режимі, близькому до межі повного розвантаження, уважно контролювати дотримання заданого режиму.

Не допускати роботи компресора при закритій засувці в мережу споживача без випуску повітря в атмосферу.

Стежити за справним станом повітряних фільтрів.

Два рази на зміну виконувати продувку конденсату з повітроохолоджувачів.

Контролювати роботу систем вентиляції на робочому місці.

4.3 Зупинка компресора

Зупинку компресора машиніст зобов'язаний виконувати за письмовим розпорядженням в «Журналі добової відомості роботи компресора» (крім

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | 36 |

аварійних зупинок) майстра зміни або начальника ділянки, за узгодженням з головним енергетиком після того, як буде забезпечено надходження стисненого повітря споживачам від інших агрегатів.

- При зупинці компресора машиніст зобов'язаний:
- Розвантажити компресор по всмоктуванню, закрити дросельну заслінку до 20° за шкалою.
- Відкрити помпажний клапан.
- Закрити засувку в мережу споживача.
- Відключити електродвигун компресора.
- Визначити час зупинки, вибіг ротора (не менше 3 хвилин для компресора К-250)і потім записати в «Добову відомість роботи компресора».

Після повної зупинки ротора продовжувати прокачування оливи через підшипники не менше 20 хвилин, тобто до тих пір, поки температура оливи на виході з опорно-упорного підшипника не знизиться до 35 °С.

- Відключити пусковий оливний насос.
- Перекрити подачу охолоджувальної води на компресор.
- Протипомпажний захист при зупинці компресора відключати не треба.
- Зробити запис про виконану зупинку компресора в журналі «Добової відомості роботи компресора» із зазначенням часу зупинки.

Якщо компресор зупиняється на довгий час, викликати електрика, щоб він повністю розібрав електричну схему компресора.

4.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Машиніст зобов'язаний негайно зупинити відцентровий компресор в наступних аварійних ситуаціях:

- при виникненні сильної вібрації компресора, редуктора або електродвигуна;

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 37 |

- при явно чутному металевому звуці в компресорі, редукторі;
- при появі диму з кінцевих ущільнень, підшипників, при виникненні пожежі;
- у випадку настання помпажу і неможливості перейти у сталий режим;
- при розриві повітропроводу, водопроводу, мастилопроводу;
- при виявленні тріщин в основних елементах;
- при різкому зниженні рівня оливи в оливному баці нижче мінімального рівня (за показником рівня).

Повторне включення компресора можливе тільки після усунення причин, що спричинили відключення агрегату.

Автоматичне відключення компресора відбувається при:

- падінні тиску охолоджувальної води нижче за $1,0 \text{ кгс/см}^2$;
- падінні тиску оливи нижче за $0,25 \text{ кгс/см}^2$;
- осьовому зміщенні, якщо тиск оливи на гідравлічне реле осьового зміщення більше ніж на $0,6 \text{ кгс/см}^2$ від робочого тиску реле;
- температурі підшипників 72°C .

При автоматичному відключенні компресора машиніст зобов'язаний:

- повернути ключ керування електродвигуном в положення «Вимкнено»;
- проконтролювати відкриття помпажного клапану та закриття засувки в мережу споживача;
- проконтролювати включення пускового оливного насосу.

Після зупинки компресора зобов'язаний зробити запис у «Журналі добової відомості турбокомпресор» із зазначенням часу і причини аварійної зупинки.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 38 |

Машиніст зобов'язаний відразу після аварійної зупинки компресора доповісти

майстру зміни (або начальнику дільниці) про аварійну зупинку.

За невиконання трудових обов'язків, порушення трудової дисципліни і вимог цієї інструкції машиніст компресорної установки несе відповідальність згідно з діючим законодавством України.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | <i>КМ 07.00.00.00 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 39 |

Список використаних джерел

1. Поршневые компрессоры: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Холодильные и компрессорные машины и установки»/Б. С. Фотин, И. Б. Пирумов, И. К. Прилуцкий, П. И. Пластинин; Под общ. ред. Б. С. Фотина. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 372 с.: ил.
2. Василега П. О., Муриков Д. В. «Электропривод рабочих машин: Навчальний посібник»/За ред. П. О. Василеги. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 228 с.
3. НПАОП 0.00-1.69-13 «Правила охорони праці під час експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій, теплових мереж і тепловикористовувальних установок».
4. ГОСТ 12.1.036–81 ССБТ. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.
5. ГОСТ 12.0.003–74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
6. СН 2.2.412.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».
7. СНиП-4-79 «Естественное и искусственное освещение».
8. ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССТБ. Изделия электротехнические».
9. «Правила улаштування електроустановок».
10. «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів».
11. «Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів».

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | КМ 07.00.00.00 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 40 |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |