

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:
«Розробка гвинтового маслозаповненого
компресора системи забезпечення виробництва
стисненим повітрям»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Завідувач кафедри

С. М. Ванєєв

Керівник роботи

С. О. Шарапов

Здобувач

Д. В. Лиходій

Група

ХК-71

ЗМІСТ

Вступ.....	С. 3
1 Мембранна технологія розділення повітря	6
2 Початкові дані	17
3 Тепловий розрахунок гвинтового компресора.....	18
4 Конструктивний розрахунок гвинтового компресора.....	23
5 Охорона праці	34
Список використаної літератури	45

					КМ 04.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Лиходій			Розробка гвинтового маслозаповненого компресора системи забезпечення виробництва стисненим повітрям	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Шарапов				2	39	
Н. контр.		Шарапов				СумДУ, гр. ХК-71		
Затв.		Ванєєв						

ВСТУП

Будь-яке сучасне підприємство має в своєму складі споживачів стисненого повітря. Від якості і безперебійності в постачанні стисненого повітря залежить технологічний цикл промислового підприємства.

У разі відмови системи подачі повітря зупиняються найважливіші виробничі процеси, і як наслідок, підприємство несе великі фінансові втрати, що пов'язано з недовипуска і втратою якості продукції. Очевидно, що підвищення ефективності роботи систем подачі повітря повинна приділятися відповідна увага.

Система подачі повітря - одна з найбільш складних і неефективних систем виробництва і розподілу енергоносіїв. Тільки 15%, витраченої на виробництво стисненого повітря енергії, переходить в корисну енергію.

Для досягнення необхідної якості стисненого повітря потрібна велика кількість додаткового обладнання, що ускладнює схему роботи системи і збільшує кінцеву собівартість стисненого повітря.

Неодмінні атрибути системи подачі повітря - протяжні і розгалужені повітропроводи, великі витоку, підвищені гідравлічні опору, проблеми регулювання продуктивності компресорів. Всі перераховані вище фактори призводять до того, що компресори промислових підприємств повинні працювати в обважнення режимі, щоб усунути втрати стисненого повітря. Відповідно, збільшуються витрати енергії на привід і обслуговування компресора і знижуються показники надійності обладнання, що підвищує вартість стисненого повітря.

Одним із способів підвищення ефективності систем повітропостачання є перехід до децентралізованої схемою постачання споживачів. Встановлюючи локальний компресор в безпосередній близькості споживача, ми усуваємо витоку стисненого повітря і втрати тиску на подолання гідравлічного опору мережі повітропроводів. Крім того, полегшується процес

					KM 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

регулювання продуктивності, оскільки компресор генерує рівно стільки стисненого повітря, скільки необхідно споживачеві.

Природно, кількість децентралізуємих споживачів має визначатися виходячи з техніко-економічного розрахунку і аналізу надійності системи подачі повітря, з урахуванням особливостей конкретної системи подачі повітря, для кожного окремо взятого підприємства.

Необхідно щоб отриманий економічний ефект від проведених заходів перевищував витрати вкладені в їх здійснення. Крім того, необхідно врахувати, що, вводячи в систему додаткові елементи, ми знижуємо її надійність і, відповідно, повинні зробити дії спрямовані на підвищення показників надійності системи, що призведе до збільшення витрат на виробництво стисненого повітря.

В кінці дев'яностих років минулого століття більшої актуальності в нашій країні набула тема енергозбереження. Особливо помітний прогрес в цій області досягнутий в теплопостачанні та електропостачанні, що зовсім не дивно, з огляду на величезний вал проблем, що накопичився в галузі житлово-комунального господарства в попередній період часу.

На цьому тлі "модних" тим енергозбереження проблема виробництва стисненого повітря залишилася дещо в тіні, хоча генерація стисненого повітря є важливим технологічним процесом, без якого неможливе нормальне функціонування будь-якого промислового підприємства.

Мабуть, складно знайти сучасне підприємство, на якому не використовувався б стиснене повітря і, відповідно, повітряні компресори. Однак компресорне господарство не є основним технологічним обладнанням, і реконструкція компресорної системи розглядається далеко не в першу чергу.

Стиснене повітря з усіма пов'язаними з ним проблемами і витратами часто сприймається як щось незмінне і неминуче. Почасти це пов'язано з тим, що вартість сучасного компресора в загальних витратах на обладнання

					KM 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

займає досить скромну частку. Однак його значення не вимірюється сумою витрат на покупку.

При виході з ладу компресора підприємство втрачає сотні тисяч доларів. Через зупинок компресора, пов'язаних з його позаплановим ремонтом, простоє дороге устаткування. Від якості стисненого повітря і безперебійності його подачі залежить нормальна робота підприємства, якість і вартість кінцевої продукції.

Почасти ж зневага реконструкцією компресорного устаткування пов'язано з тим, що термін служби і ремонтпридатність компресорних систем досить високі. Якщо склалася компресорна система успішно пропрацювала кілька десятків років, то вона буде працювати і далі, і немає гострої необхідності щось змінювати.

Виробництво стисненого повітря - нераціональний, з точки зору енергоефективності, процес. Справа в тому, що стиснене повітря - це один з найдорожчих джерел енергії. На його отримання витрачається до 70% всієї електроенергії споживаної, підприємством. І тільки 15% з витраченого електрики переходить в потенційну енергію. Велика частина, приблизно 85% - це тепло, що виділяється компресором під час роботи.

					KM 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1 РОЗРАХУНОК ПОТРЕБИ В СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ

Розрахунковою потребою цеху чи дільниці у стисненому повітрі є сума витрат повітря усіма працюючими споживачами (пневмоприймачами) і сумарних витрат повітря у трубопроводах, арматурі та непрацюючих пневмоприймачах.

$$V_{i \text{ расч}} = \sum_{i=1}^n V_i + \sum_{i=1}^n q_i \quad (1.1)$$

де V_i – середні витрати стисненого повітря по цеху;

q_i – втрати стисненого повітря, $q_i = K_y \cdot V_y$;

K_y – коефіцієнт втрат;

$$q_i = 0,25 \cdot 5360 = 1340 \text{ (м}^3 \text{ / час)}$$

$$V_{i \text{ расч}} = 5360 + 1340 = 6700 \text{ (м}^3 \text{ / час)}$$

Для забезпечення можливих режимів максимальних витрат стисненого повітря приймають:

$$V_{i \text{ max}} = K_{\text{max}} \cdot V_i \quad (1.2)$$

де K_{max} – коефіцієнт максимального навантаження

$$V_{i \text{ max}} = 1,4 \cdot 6700 = 9380 \text{ (м}^3 \text{ / час)}$$

					KM 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

При визначенні максимальних витрат по заводу в цілому використання останньої формули може привести до невиправдано завищеним результату, оскільки ймовірність того, що одночасно всі цехи заводу будуть споживати максимальна витрата невелика. В цьому випадку рекомендується сумарний максимальний витрата обчислювати як суму максимального витрати цеху з найбільшим споживанням стислого повітря і середніх витрат всіх інших цехів:

$$V_{м.д.} = V_{max} + \sum_{i=1}^n V_{i\text{ расч}} \quad (1.3)$$

де K_{max} – коефіцієнт максимального навантаження

$$V_{м.д.} = 9380,0 + 3990,5 + 2438,0 + 1260,0 = 17068,5 \text{ (м}^3\text{/час)}$$

Ця величина називається максимально тривалим навантаженням і повинна бути використана як розрахункова для заводу під час вибору компресорів. Результати розрахунків зводимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати визначення максимально тривалого навантаження (потреби) по заводу

Цех	V_i , м ³ /год	Q_i , м ³ /год	$V_{i\text{ расч}}$, м ³ /год	$V_{i\text{ тах}}$, м ³ /год	$V_{м.д.}$, м ³ /год
Ливарний	5360	1340,0	6700,0	9380	9380,0
Механічний	3470	520,5	3990,5	4164	3990,5
Складальний	2120	318,0	2438,0	2756	2438,0
Фарбувальний	1050	210,0	1260,0	1365	1260,0
Всього:	12000	2388,5	14388,5	18976	17068,5

$$V_{\text{м.д.1}} = V_{\text{м.д.}} = 17068,5 \text{ м}^3/\text{час} = 284,475 \text{ м}^3/\text{хв}$$

$$V_{\text{м.д.2}} = 9380,0 + 3990,5 + 2438,0 = 15808,5 \text{ (м}^3/\text{час)} = 263,475 \text{ (м}^3/\text{хв)}$$

$$V_{\text{м.д.3}} = 9380 \text{ м}^3/\text{час} = 156,333 \text{ м}^3/\text{хв}$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2 РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ

Метою даного розрахунку є вибір типу та кількості компресорів, який задовольняє потреби заводу в стислому повітрі. Вибір здійснюється відповідно до заданого варіанту типу компресора.

2.1 Вибір продуктивності компресорів

Проводиться виходячи з заданого навантаження на станцію (максимально тривалого навантаження $V_{м.д.}$). При цьому розглядаються кілька варіантів підбору компресорів з різною їх одиничної продуктивністю.

Для кожного варіанта проводиться визначення встановленої і резервної продуктивності компресорної станції.

Варіант 1. $V_K = 100 \text{ м}^3/\text{хв}$

Встановлена продуктивність компресорної станції є сумою номінальних продуктивностей всіх компресорів, встановлених на станції, включаючи резервні:

$$V_{уст} = \sum_{i=1}^n V_{ki} + V_{рез} \quad (2.1)$$

де V_{ki} – номінальна продуктивність компресора за всмоктуючим повітрям, $\text{м}^3/\text{хв}$ (паспортна);

$V_{рез}$ – продуктивність резервних компресорів, $\text{м}^3/\text{хв}$

$$V_{уст} = \sum_{i=1}^n V_{ki} + V_{рез}$$

					KM 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V_{уст} = 3 \cdot 95 + 95 = 380 \text{ (м}^3 \text{ / мин)}$$

Покриття максимального навантаження на компресорну станцію при виході з ладу найбільшого за продуктивністю компресора:

$$\eta = \frac{V_{уст} - V_K}{V_{м.д.}} \quad (2.2)$$

де V_K – продуктивність найбільшого компресора, який підлягає ремонту чи знаходиться в резерві, $V_K = 95 \text{ м}^3/\text{хв}$

$$\eta = \frac{380 - 95}{284,475} = 1,002$$

Кількість працюючих машин

$$m = \frac{V_{м.д.}}{V_K} \quad (2.3)$$

$$m = \frac{284,475}{95} = 2,99$$

Приймаємо $m = 3$ шт.

Варіант 2. $V_K = 50 \text{ м}^3/\text{хв}$

Встановлена продуктивність компресорної станції є сумою номінальних продуктивностей всіх компресорів, встановлених на станції, включаючи резервні:

					KM 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V_{уст} = \sum_{i=1}^n V_{ki} + V_{рез} \quad (2.4)$$

де V_{ki} – номінальна продуктивність компресора за всмоктуючим повітрям, $m^3/хв$ (паспортна);

$V_{рез}$ – продуктивність резервних компресорів, $m^3/хв$

$$V_{уст} = \sum_{i=1}^n V_{ki} + V_{рез}$$

$$V_{уст} = 6 \cdot 50 + 2 \cdot 50 = 400 \text{ (} m^3 / \text{мин)}$$

Покриття максимального навантаження на компресорну станцію при виході з ладу найбільшого за продуктивністю компресора:

$$\eta = \frac{V_{уст} - V_K}{V_{м.д.}} \quad (2.5)$$

де V_K – продуктивність найбільшого компресора, який підлягає ремонту чи знаходиться в резерві, $V_K = 50 m^3/хв$

$$\eta = \frac{400 - 50}{284,475} = 1,230$$

Кількість працюючих машин

$$m = \frac{V_{м.д.}}{V_K} \quad (2.6)$$

					KM 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$m = \frac{284,475}{50} = 5,69$$

Приймаємо $m = 6$ шт.

Варіант 3. $V_K = 32 \text{ м}^3/\text{хв}$

Встановлена продуктивність компресорної станції є сумою номінальних продуктивностей всіх компресорів, встановлених на станції, включаючи резервні:

$$V_{уст} = \sum_{i=1}^n V_{ki} + V_{рез} \quad (2.7)$$

де V_{ki} – номінальна продуктивність компресора за всмоктуючим повітрям, $\text{м}^3/\text{хв}$ (паспортна);

$V_{рез}$ – продуктивність резервних компресорів, $\text{м}^3/\text{хв}$

$$V_{уст} = \sum_{i=1}^n V_{ki} + V_{рез}$$

$$V_{уст} = 9 \cdot 32 + 3 \cdot 32 = 384 (\text{м}^3 / \text{мин})$$

Покриття максимального навантаження на компресорну станцію при виході з ладу найбільшого за продуктивністю компресора:

$$\eta = \frac{V_{уст} - V_K}{V_{м.д.}} \quad (2.8)$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

де V_K – продуктивність найбільшого компресора, який підлягає ремонту чи знаходиться в резерві, $V_K = 32 \text{ м}^3/\text{хв}$

$$\eta = \frac{384 - 32}{284,475} = 1,237$$

Кількість працюючих машин

$$m = \frac{V_{м.д.}}{V_K} \quad (2.9)$$

$$m = \frac{284,475}{32} = 8,890$$

Приймаємо $m = 9$ шт.

Розрахунок об'єму ресивера

$$Q_p \geq 1,6 \sqrt{V_{м.д.}} \quad (2.10)$$

$$Q_p \geq 1,6 \sqrt{284,475} \geq 26,99 (\text{м}^3)$$

Приймаємо об'єм ресивера $Q_p = 27 \text{ м}^3$.

Результати розрахунку зводимо до таблиці 2.1.

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.1 – Розрахунок продуктивності компресорної станції

Показник	Варіант		
	I	II	III
Тип компресорів	ВВ-100/8	ВВ-50/8	ВВ-32/8
Максимально тривале навантаження на компресорну станцію, м ³ /хв	284,475		
Продуктивність одиничного компресора, м ³ /хв	95	50	32
Кількість компресорів, шт.	3	6	9
Продуктивність робоча, м ³ /хв	$3 \cdot 95 = 285$	$6 \cdot 50 = 300$	$9 \cdot 32 = 288$
Коефіцієнт завантаження	$284,475/285 = 0,99$	$284,475/300 = 0,95$	$284,475/288 = 0,98$
Продуктивність резервного компресора, м ³ /хв	95	50	32
Встановлена продуктивність, м ³ /хв	$4 \cdot 95 = 380$	$8 \cdot 50 = 400$	$12 \cdot 32 = 384$
Загальна кількість компресорів, шт.	4	8	12
Забезпечення максимальної продуктивності	$285/284,475 = 1,002$	$300/284,475 = 1,055$	$288/284,475 = 1,012$
Об'єм ресивера, м ³	27		

Висновок: Кращими варіантами за коефіцієнтом завантаження є перший і третій ($K_1 = 0,99$ і $0,98$ відповідно). Перевагу віддаємо першим варіантом, виходячи з таких причин:

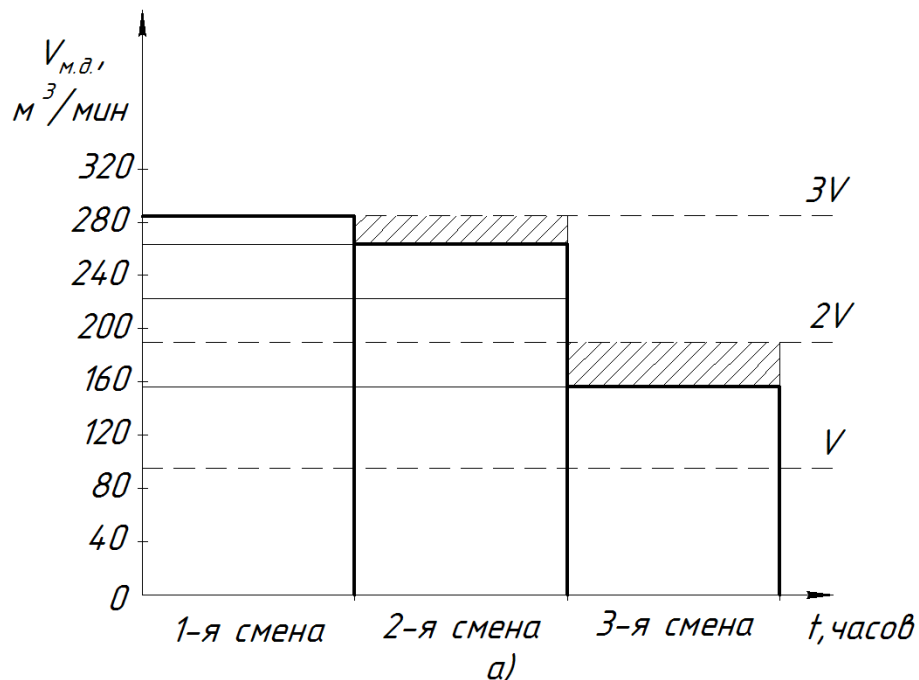
- встановлена потужність, в цьому випадку, менше. А, отже, менше і витрати електроенергії;

- меншу кількість компресорів, хоч і при великих одиничних продуктивностях, дозволяє спроектувати машинний зал менших габаритів.

2.2 Графоаналітична оцінка ефективності варіантів підбору компресорів компресорної станції

Для графоаналітичного оцінки необхідно побудувати ступінчасті графіки добового навантаження на компресорну станцію, виходячи з такого сумарного споживання цехами:

- ливарний - 3-х змінна робота;
- механічний - 2-х змінна робота;
- складальний - 2-х змінна робота;
- фарбувальний - однозмінній робота.



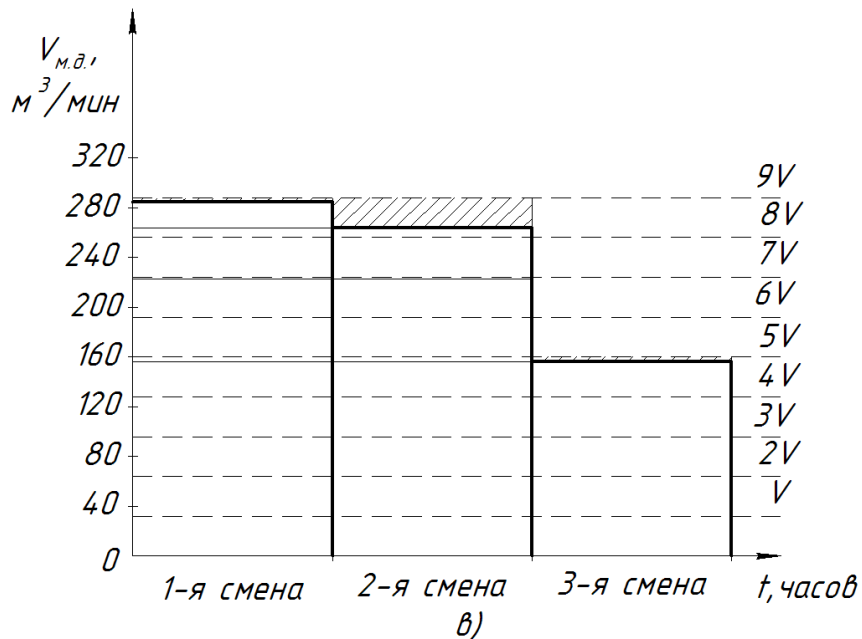
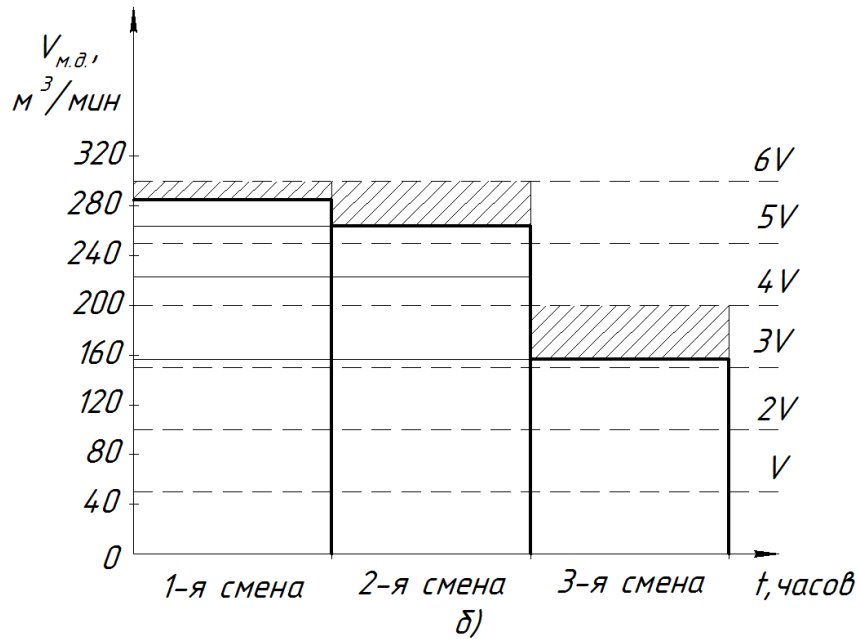


Рисунок 2.1 – Графіки добового навантаження компресорної станції з трьома компресорами (а), з шістьма компресорами (б) і з дев'ятьма компресорами (в)

Споживання цехів: 1 - фарбувального, 2 - складального, 3 - механічного,
4 - ливарного

Висновок: проаналізувавши графіки остаточно вибираємо перший варіант компресорної станції з трьома робочими компресорами ВВ-100/8.

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ПОЧАТКОВІ ДАНІ

Робоче середовище – повітря

Тиск всмоктування, $p_{вс}$, мм рт. ст. – 760

Профілі гвинтів – двосторонні

Об'ємна продуктивність,

Віднесена до умов всмоктування V_d , м³/хв – 60

Тиск нагнітання p_n , МПа – 0,6

Профіль зуба ведучого гвинта – еліптичний симетричний

Температура повітря, що всмоктується, $t_{вс}$, °С = 0

Температура мастила на вході до компресора $t_{1м}$, °С = 34

Мастило, що подається у компресор – ХА-30

Обертальний момент з валу привідного двигуна на вал ведучого гвинта передається через клинопасову передачу з ККД $\eta_{пер} = 0,97$. Число зубців ведучого гвинта $z_1 = 4$, веденого гвинта $z_2 = 6$ (за умови однакової міцності гвинтів). Передаточне відношення від ведучого гвинта до веденого

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = 1,5.$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ГВИНТОВОГО КОМПРЕСОРА

Принципова схема компресорної установки і процесу стиснення у р,і-діаграмі з подаванням мастила, адіабатне та без подавання мастила (сухе стиснення) подані на рис. 1.1.

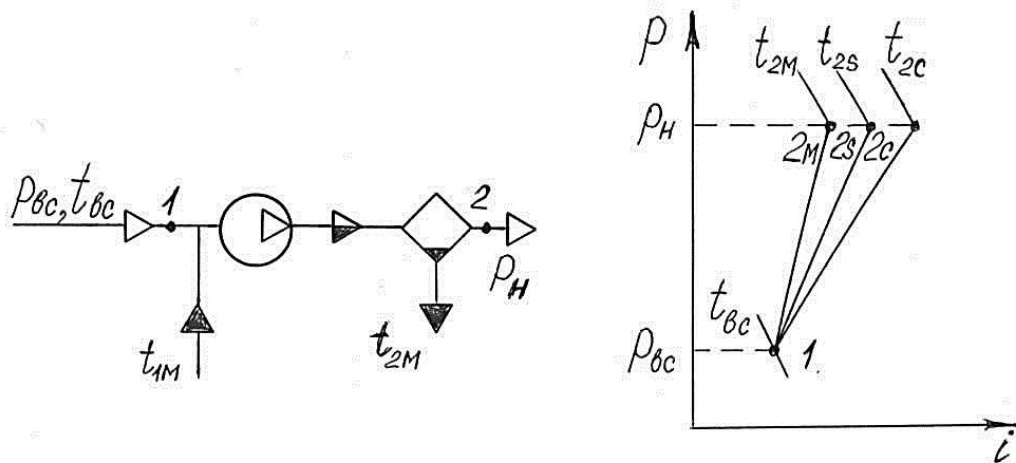


Рис. 1.1. Принципова схема компресорної установки та процесу стиснення у і-р діаграмі.

Точка 1, яка відповідає стану повітря повітря на вході до компресора, знаходиться на перетині ізотерми $t_{вс} = \text{const}$ з ізобарою $p_{вс} = \text{const}$, а точки 2м, 2s та 2с, які характеризують стан повітря на нагнітанні компресора після його стиснення відповідно з подаванням мастила, адіабатного і без подачі мастила, знаходиться на перетині відповідних ізотерм $t_{2м}$, t_{2s} і t_{2c} з ізобарою $p_{н} = \text{const}$.

Температура повітря після його адіабатного стиснення у ГМК дорівнює:

$$T_{2s} = T_1 \cdot \left(\frac{p_{н}}{p_{вс}} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 273,15 \cdot \left(\frac{0,6 \cdot 10^6}{0,101325 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 454(K).$$

						Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Температура мастила на вході до ГМК дорівнює $t_{1M} = 34^{\circ}\text{C}$.

Температура мастила після стиснення у ГМК дорівнює:

$$t_{2M} = t_{1M} + \Delta t_M = 34 + 42 = 76^{\circ}\text{C}$$

У вказаних температурних границях середні властивості мастила ХА-30 приймаємо наступні:

- густина $\rho_M = 830 \text{ кг/м}^3$; - теплоємність $c_M = 2,18 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Показник політропи стиснення з мастилом дорівнює:

$$n_M = \frac{\lg \pi_n}{\lg \frac{\pi_n \cdot T_1}{T_{2M}}} = \frac{\lg 5,92}{\lg \frac{5,92 \cdot 273,15}{343,15}} = 1,16,$$

де $\pi_n = \frac{p_n}{p_{вс}} = \frac{0,65 \cdot 10^6}{0,101325 \cdot 10^6} = 6,4$ – зовнішнє відношення тисків

Індикаторний ККД ГМК дорівнює:

$$\eta_i = \frac{\eta_e}{\eta_M} = \frac{0,7}{0,94} = 0,745,$$

де $\eta_e = 0,7$ – ефективний ККД, вибирається з ([1], рис. 2.35, с. 177) в залежності від зовнішнього відношення тисків і прийнятого ступеня геометричного стиснення $\varepsilon_r = 4$ при ≤ 8 , а знайдені для R717 значення η_e зменшуються на 5%;

$\eta_M = 0,94$ – механічний ККД, вибирається з ([1], рис. 2.36, с. 177) в залежності від π_n .

					KM 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Процес тиснення у ГМК умовно представляється у вигляді процесу «сухого» стиснення повітря 1-2с, а потім – відводом від нього теплоти мастилом, що вприскується 2с-2м. Температура повітря в точці 2с визначається за формулою:

$$T_{2c} = T_1 + \frac{T_{2s} - T_1}{\eta_i} = 273,15 + \frac{454 - 273,15}{0,745} = 516,1(K)$$

Показник політропи «сухого» стиснення дорівнює:

$$n_c = \frac{\lg \pi_n}{\lg \frac{\pi_n \cdot T_1}{T_{2c}}} = \frac{\lg 5,92}{\lg \frac{5,92 \cdot 273,15}{516,1}} = 1,56$$

Теоретична продуктивність ГМК:

$$V_T = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{1,167}{0,703} = 1,66 (m^3/c)$$

де $\lambda = 0,703$, значення коефіцієнту подачі приймається з ([2], рис.5.63, с. 193).

Приймається, що мастило, яке подається на вузли механічного тертя (підшипники, ущільнення і т. д.), не потрапляє потім у робочу порожнину ГМК, а йде на зливання. Тоді мастило, яке вприскується у ГМК, окрім ущільнюючих і змащувальних функцій, повинно відвести таку кількість теплоти, яка б забезпечила прийняте підвищення температури Δt_m робочої суміші мастила з повітрям.

Масова витрата повітря у ГМК дорівнює:

$$G = V_d \cdot \frac{P_{ec}}{60 \cdot R \cdot T_{ec}} = 60 \cdot \frac{0,101325 \cdot 10^6}{60 \cdot 287 \cdot 273,15} = 1,35 (kg/c).$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Кількість теплоти, яка відводиться мастилом від робочого тіла:

$$Q_m = G \cdot c_p \cdot (T_{2c} - T_{2m}) = 1,35 \cdot 1004,5 \cdot (516,1 - 349,15) = 216,94 \text{ (кВт)},$$

де $c_p = \frac{k}{k-1} \cdot R = \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 287 = 1004,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – теплоємність повітря.

Об'ємна витрата мастила, яке впорскується:

$$V'_m = \frac{Q_m}{c_m \cdot \rho_m \cdot \Delta t_m} = \frac{216936}{2180 \cdot 830 \cdot 42} = 0,00285 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Об'ємна витрата мастила, яке подається у ГМК:

$$V_m = K_{oc} \cdot V'_m = 1,05 \cdot 0,00285 = 0,003 \text{ (м}^3/\text{с)},$$

де $K_{oc} = 1,05$ – коефіцієнт, який враховує відведення теплоти в оточуюче середовище [2].

Відносна масова витрата мастила, яке подається у ГМК:

$$q_{mp} = \frac{V_m \cdot \rho_m}{G} = \frac{0,003 \cdot 830}{1,29} = 1,92 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

З ([2] рис. 5.58, с. 188) – $q_{mp} = 3,8$ – рекомендована найбільша витрата.

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Загальна витрата мастила, яке циркулює у ГМА, включає, окрім V_m , витрату мастила, яке подається у підшипники ковзання, ущільнення, розвантажувальні пристрої.

Потужність політропного стиснення у ГМК, з впорскуванням мастила у робочу порожнину, дорівнює:

$$N_{сжс} = \frac{n_m}{n_m - 1} \cdot p_{вс} \cdot \frac{V_d}{60} \cdot \left[\left(\frac{p_H}{p_{вс}} \right)^{\frac{n_m - 1}{n_m}} - 1 \right] =$$

$$= \frac{1,16}{1,16 - 1} \cdot 0,101325 \cdot 10^6 \cdot \frac{60}{60} \cdot \left[(5,92)^{\frac{1,16 - 1}{1,16}} - 1 \right] = 204,26 (\text{кВт}).$$

Ефективна потужність ГМК дорівнює:

$$N_e = \frac{N_{сжс}}{\eta_e} = \frac{204,26}{0,7} = 291,81 (\text{кВт}).$$

Потужність привідного двигуна ГМК дорівнює

$$N_{дв} = \frac{N_e}{\eta_{пер}} = \frac{291,8}{0,97} = 300,83 (\text{кВт}).$$

За отриманою потужністю електродвигуна, обираємо асинхронний електродвигун 4А355S2 У3 потужністю 315 кВт з частотою обертання $n_c = 3000$ об/хв., враховуючи клинопасову передачу [3].

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

5 КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ГВИНТОВОГО КОМПРЕСОРА

Відносна довжина нарізаної частини гвинтів ГМК:

$$K_l = \frac{l_B}{D_1} = 1,35.$$

Коефіцієнт використання об'єму парної порожнини визначається за формулою:

$$K_H = 1 - c \cdot 10^{-4} \cdot (\tau_{13} - \tau_{1np}) = 1 - 5,0 \cdot 10^{-4} \cdot (304 - 220) = 0,958,$$

де τ_{13} – кут закрутки ведучого гвинта, $\tau_{13} = 304^0$;

τ_{1np} – граничний кут закрутки гвинта, $\tau_{1np} = 220^0$ для гвинтів з еліптичним симетричним профілем [2];

$$c = 5,0.$$

Коефіцієнт використання площі западин гвинтів для гвинтів з зубом еліптичного симетричного профіля $K_f = 0,1184$ [3].

Зовнішній діаметр ведучого гвинта визначається за формулою:

$$D_1 = \sqrt{\frac{\pi \cdot V_\delta}{60 \cdot \lambda \cdot K_H \cdot K_l \cdot K_f \cdot z_1 \cdot U_1}} = \\ = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 60}{60 \cdot 0,741 \cdot 0,958 \cdot 1,35 \cdot 0,1184 \cdot 4 \cdot 52,5}} = 0,363(м),$$

де $U_1 = 52,5$ м/с – колова швидкість на зовнішньому колі ведучого гвинта ([2], рис. 5.66, с. 195).

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

З типорозмірного ряду гвинтів приймається найближче більше значення $D_1 = 400$ мм.

Частота обертання ведучого вала визначається за формулою:

$$n_1 = \frac{U_1}{\pi \cdot D_1} = \frac{52,6}{3,14 \cdot 0,4} = 42 (c^{-1}) = 2508 (об/хв.).$$

Передаточне число клинопасової передачі:

$$i = \frac{n_1}{n_{дв}} = \frac{2508}{3000} = 0,84.$$

Довжина нарізаної частини гвинтів:

$$l_B = K_l \cdot D_1 = 1,35 \cdot 0,4 = 0,54 (м).$$

Міжосьова відстань:

$$A = 0,8 \cdot D_1 = 0,8 \cdot 0,4 = 0,32 (м) = 320 (мм).$$

Діаметри початкових кіл ВЧ и ВН гвинтів:

$$d_{1н} = \frac{2 \cdot A}{1 + i_{12}} = \frac{2 \cdot 320}{1 + 1,5} = 256 (мм),$$

$$d_{2н} = i_{12} \cdot d_{1н} = 1,5 \cdot 201,6 = 384 (мм).$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Діаметри кіл западин ВЧ и ВН гвинтів:

$$d_{1вн} = d_{2вн} = 0,6 \cdot D_1 = 0,6 \cdot 400 = 240(\text{мм}).$$

Висота ніжки (головки) зуба ВЧ (ВН) гвинта:

$$r_0 = 0,02 \cdot D_1 = 0,02 \cdot 400 = 8,0(\text{мм}).$$

Геометричні характеристики зубців ведучого та веденого гвинтів еліптичного симетричного профіля наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Геометричні характеристики зубців ведучого та веденого гвинтів еліптичного симетричного профіля

$d_{1н}$ – діаметр початкового кола ведучого гвинта, мм	256
$d_{2н}$ – діаметр початкового кола веденого гвинта, мм	384
A – міжосьова відстань, мм	320
$d_{1вн} = d_{2вн}$ – діаметр кіл западин ведучого та веденого гвинтів, мм	240
r_0 – висота ніжки (головки) ведучого (веденого) гвинта, мм	8,0
$f_{1п}$ – площа западин для ведучого гвинта, см	110,45
$f_{1п}$ – площа западин для веденого гвинта, см	78,94
$W_{п}$ – корисний максимальний об'єм парної порожнини на момент початку стиснення, см ³	9770

Профіль зуба ведучого гвинта будується за його координатами.

Визначаємо центральні кути вікна всмоктування

Ведучий гвинт:

- кутовий розмір колової частини зуба ВЧ гвинта:

$$\theta_1 = 29^{\circ}03'45,8385'' \approx 29,06^{\circ}.$$

$$2\alpha_0 = 31^{\circ}52'28,323'' \approx 31,875^{\circ}.$$

Ведений гвинт:

- кутовий розмір циклоїдної частини зуба ВЧ гвинта:

$$\theta_2 = 19^{\circ}22'30,559'' \approx 19,37^{\circ}.$$

$$2\gamma_{23} = 21^{\circ}14'58,882'' \approx 21,25^{\circ}.$$

Хід гвинтової лінії ВЧ гвинта ([2], табл. 2.17, с. 181) при $K_1 = 1,35$:

$$h_1 = 1,6 \cdot D_1 = 1,6 \cdot 400 = 640(\text{мм}).$$

Хід гвинтової лінії ВН гвинта:

$$h_2 = i_{12} \cdot h_1 = 1,5 \cdot 640 = 960(\text{мм}).$$

Кут між лінією центру та променем:

$$\beta_{01} = \arccos \frac{A^2 + R_1^2 - r_{2н}^2}{2 \cdot A \cdot R_1} = \arccos \frac{320^2 + 192^2 - 200^2}{2 \cdot 320 \cdot 192} = 36,12^{\circ} \approx 36^{\circ}7',$$

$$\beta_{02} = \arccos \frac{A^2 + r_{2н}^2 - R_1^2}{2 \cdot A \cdot r_{2н}} = \arccos \frac{320^2 + 200^2 - 192^2}{2 \cdot 320 \cdot 192} = 30,81^{\circ} \approx 30^{\circ}49'.$$

Кут початку стиснення:

$$\alpha_{01} = i_{12} \cdot (\beta_{01} - \theta_2) = 1,5 \cdot (36,12 - 19,37) = 22,125^{\circ} \approx 22^{\circ}8'.$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Вікно всмоктування

-Кут вікна всмоктування ВЧ гвинта:

$$\alpha_{1g} = 0,5 \cdot \tau_{13} + \pi \cdot \frac{z_1 - 1}{z_1} = 0,5 \cdot 304 + 180 \cdot \frac{4 - 1}{4} = 287^{\circ}.$$

- центральний кут вікна всмоктування ВН гвинта:

$$\alpha_{2g} = \alpha'_{2g} + \Delta\alpha_{2g},$$

де α'_{2g} - кут всмоктування ВЧ гвинта ([2], с. 167),

$$\begin{aligned} \alpha'_{2g} &= i_{21} \cdot \left(0,5 \cdot \tau_{13} + \pi \cdot \frac{z_1 - 1}{z_1} + \frac{2 \cdot \pi}{z_1} \right) - 2 \cdot \theta_2 = \\ &= \frac{4}{6} \cdot \left(0,5 \cdot 304 + 180 \cdot \frac{4 - 1}{4} + \frac{2 \cdot 180}{4} \right) - 2 \cdot 19,713 = 212^{\circ} \end{aligned}$$

$\Delta\alpha_{2g}$ - кут газодинамічного наддуву ([2], с. 167)

$$\Delta\alpha_{2g} \approx \frac{2 \cdot \pi \cdot l_{2u} \cdot n_2}{a_1 - C_{a.sp.}},$$

де $n_2 = i_{21} \cdot n_1 = \frac{4}{6} \cdot 42 = 28 (c^{-1})$.

$$d_{2cp} = \frac{D_2 + d_{2gh}}{2} = \frac{400 + 240}{2} = 320 (мм),$$

$$\tan \beta_h = \left(\frac{\pi \cdot d_{1h}}{h_1} \right) = \frac{3,14 \cdot 256}{640} = 1,256,$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\beta_{2cp} = \arctg \left(\frac{d_{2cp}}{d_{2н}} \cdot \operatorname{tg} \beta_{н} \right) = \arctg \left(\frac{320}{384} \cdot 1,256 \right) = 48,86^{\circ},$$

$$\cos \beta_{2cp} = 0,66,$$

$$l_{2ц} = \frac{l_{\epsilon}}{\cos \beta_{2cp}} = \frac{540}{0,66} = 821(\text{мм}).$$

- місцева швидкість звуку:

$$a_1 \approx \sqrt{k \cdot R \cdot T_1} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot 273,15} = 331(\text{м/с}),$$

де $k = 1,4$ – показник ізоентропи.

- середня швидкість руху повітря у порожнині гвинта у період заповнення:

$$C_{a.ср.} = \frac{2 \cdot \pi \cdot l_{\epsilon} \cdot n_2}{\alpha'_{2\epsilon}} = \frac{2 \cdot 180 \cdot 0,54 \cdot 28}{212} = 25,6(\text{м/с}).$$

$$\Delta \alpha_{2\epsilon} \approx \frac{2 \cdot 180 \cdot 0,821 \cdot 25,6}{337 - 24,2} = 26,8^{\circ}.$$

- центральний кут вікна всмоктування ВН гвинта:

$$\alpha_{2\epsilon} = 212 + 26,8 = 238,8^{\circ}.$$

- допустиме значення кута вікна всмоктування:

$$[\alpha_{2\epsilon}] = 2 \cdot \pi \cdot \frac{z_2 - 1}{z_2} \cdot 2 \cdot 180 \cdot \frac{6 - 1}{6} = 300^{\circ}.$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\alpha_{2\epsilon} < [\alpha_{2\epsilon}].$$

- площа вікна всмоктування:

$$F_{\epsilon c} = \frac{\pi}{4 \cdot 180} \cdot (D_1^2 - d_{1\epsilon H}^2) \cdot (\alpha_{1\epsilon} + \alpha_{2\epsilon}) = \\ = \frac{3,14}{4 \cdot 180} \cdot (0,4^2 - 0,24^2) \cdot (287 + 238,8) = 0,499 (m^2).$$

- швидкість повітря у вікні всмоктування:

$$C_{\epsilon c} = \frac{V_d}{60 \cdot F_{\epsilon c}} = \frac{60}{60 \cdot 0,499} = 2 (m/c) \leq (40 \div 50) m/c.$$

Вікно нагнітання

- кут стиснення ([1], с. 186):

$$W_3 = W_0 - \frac{W_n}{\epsilon_2} = l_{\epsilon} \cdot (f_{1II} + f_{2II}) - \frac{W_n}{\epsilon_2} = 50 \cdot (111,09 - 79,51) - \frac{9770}{4} = 7784,6 (cm^3).$$

З рис. 2.43 ([1], с. 186):

$$\left(\frac{W_3}{D_1^3} \right) \cdot 10^3 = \left(\frac{7784,6}{0,4^3} \right) \cdot 10^3 = 122^0.$$

- кут вікна нагнітання ВЧ гвинта:

$$\alpha_{1H} = \tau_{13} - \varphi_{1c} + \alpha_{01} = 304 - 290 + 25,125 = 39,125^0 \approx 39^0 8'.$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- для ВН гвинта:

$$\alpha_{2н} = i_{21} \cdot \alpha_{1н} + \theta_2 + 2 \cdot \gamma_{23} = \frac{4}{6} \cdot 39,125 + 19,37 + 21,25 = 66,7^\circ.$$

- площа перерізу вікна нагнітання у торцевій площині:

$$F_{н.т.} = \frac{\pi}{4 \cdot 180} \cdot (D_1^2 - d_{1вн}^2) \cdot \left(\alpha_{1н} + \alpha_{2н} - \frac{\theta_2 + \theta_3}{2} \right) =$$

$$= \frac{3,14}{4 \cdot 180} \cdot (0,4^2 - 0,24^2) \cdot \left(39,8 + 66,7 - \frac{29,06 + 19,37}{2} \right) = 0,0781 (м^2).$$

- площа циліндричної частини вікна нагнітання:

$$F_{н.ц.} = \frac{h \cdot D_1}{4 \cdot \pi} \cdot [(\alpha_{1н} - \beta_{01}) \cdot \cos \beta_{01} + \sin \beta_{01} - \sin \alpha_{1н}] +$$

$$+ \frac{h \cdot D_2}{4 \cdot \pi} \cdot \left[(i_{21} \cdot \alpha_{1н} + \theta_3 + \theta_4 + 2 \cdot \gamma_{23}) \cdot \cos \beta_{02} + \right.$$

$$\left. + \sin \beta_{02} - \sin (i_{21} \cdot \alpha_{1н} + \theta_3 + \theta_4 + 2 \cdot \gamma_{23}) \right] =$$

$$= \frac{0,64 \cdot 0,4}{4 \cdot 180} \cdot [(0,68 - 0,54) \cdot \cos 0,54 + \sin 0,54 - \sin 0,68] +$$

$$+ \frac{0,96 \cdot 0,4}{4 \cdot 180} \cdot \left[\left(\frac{4}{6} \cdot 0,68 + 0,37 + 0,32 + 2 \cdot 0,338 \right) \cdot \cos 0,54 + \right.$$

$$\left. + \sin 0,54 - \sin \left(\frac{4}{6} \cdot 0,68 + 0,37 + 0,32 + 2 \cdot 0,338 \right) \right] = 0,032.$$

- сумарна площа нагнітання:

$$F_n = F_{н.т.} + F_{н.ц.} = 0,0781 + 0,032 = 0,11 (м^2).$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- швидкість повітря у вікні нагнітання:

$$C_{a.sp.} = \frac{V_d \cdot p_{вс} \cdot T_{2м}}{60 \cdot F_n \cdot p_n \cdot T_{вс}} = \frac{60 \cdot 0,101325 \cdot 10^6 \cdot 349}{60 \cdot 0,11 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 273,15} = 1,96 (м/с) \leq (10 \div 15) м/с.$$

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		31

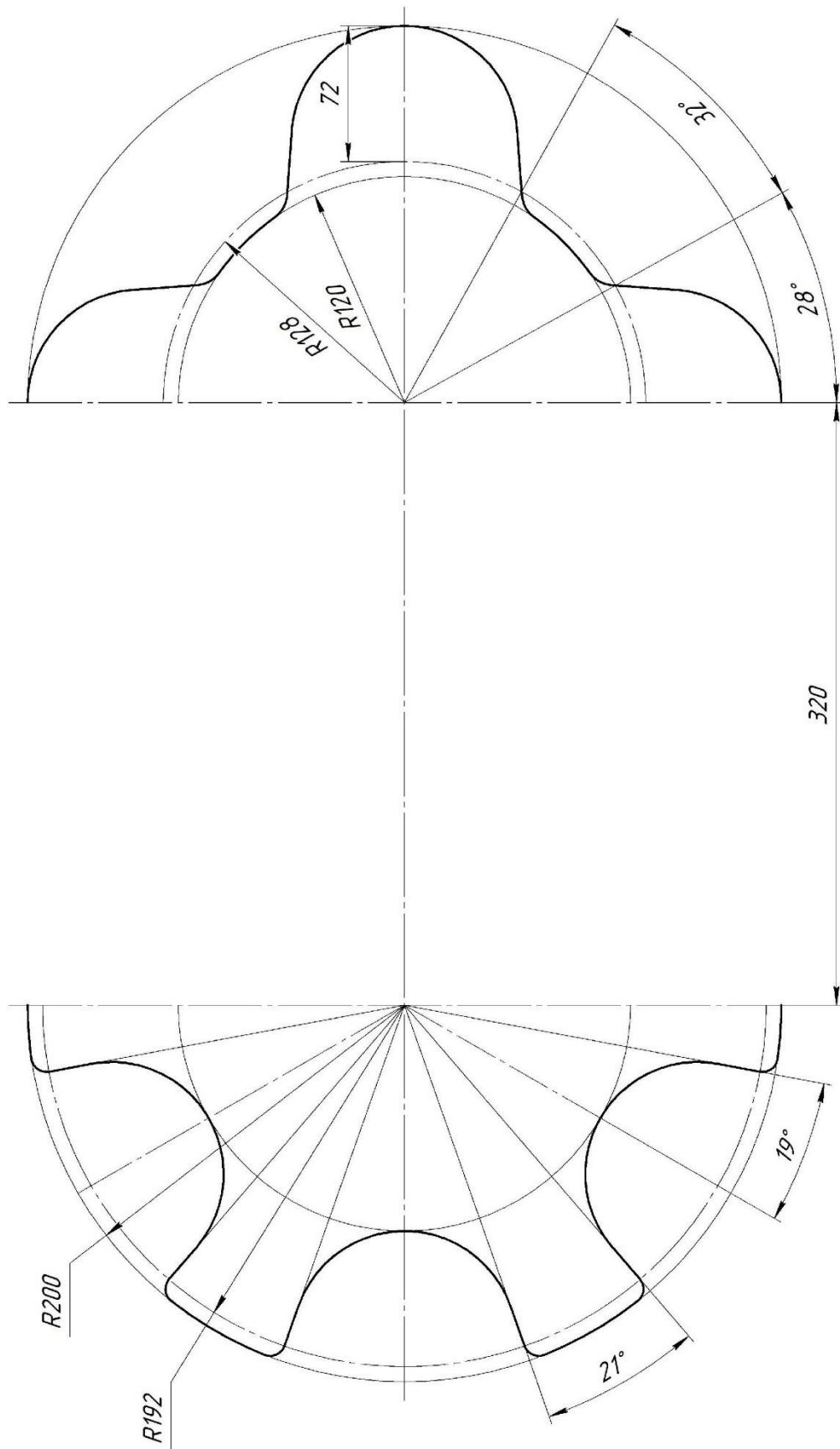


Рис. 5.1. Торцеві перерізи гвинтів

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

КМ 04.00.00.00 ПЗ

Аркуш

32

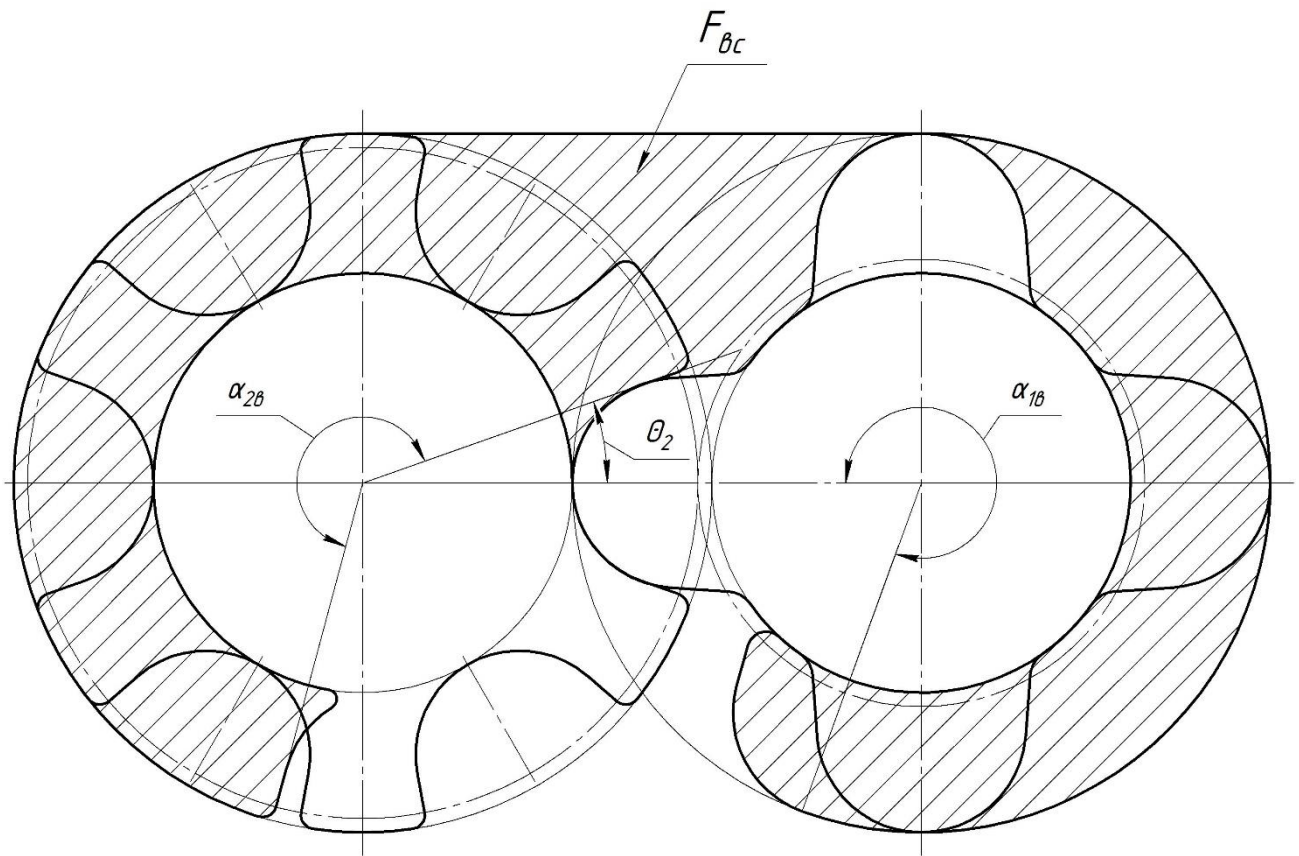


Рис. 5.2. Вікно всмоктування

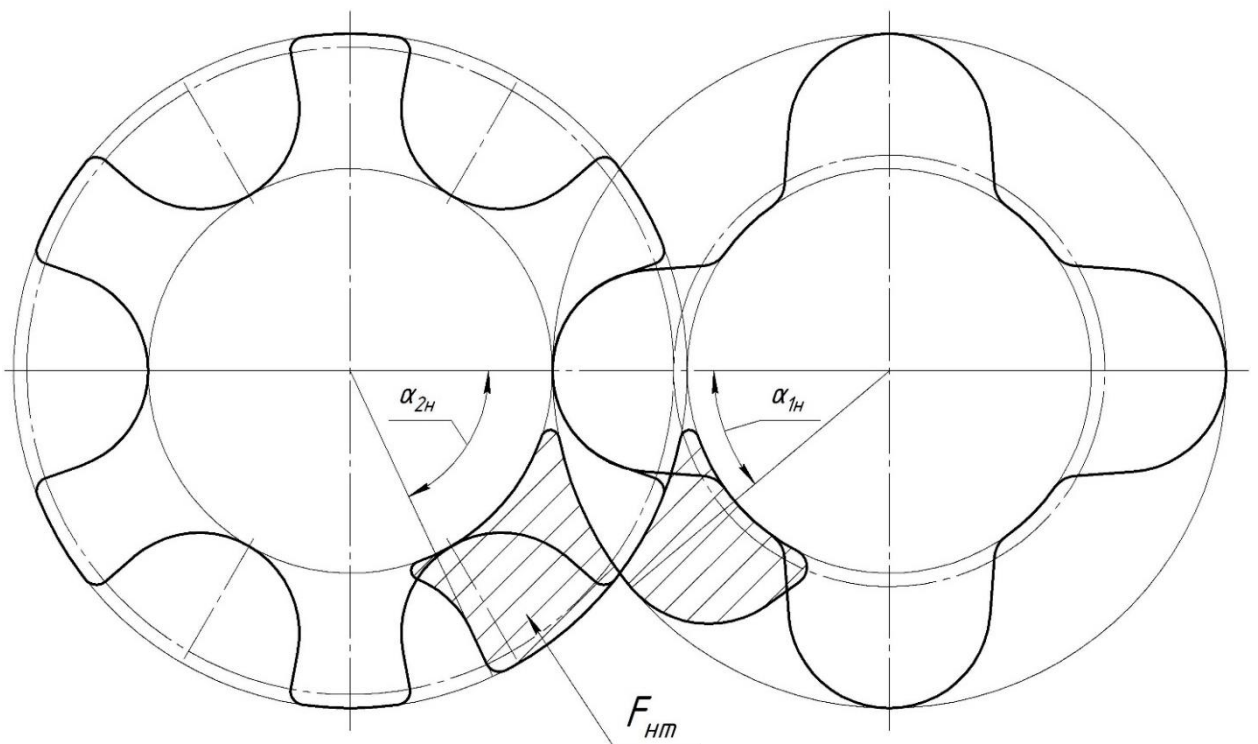


Рис. 5.3. Вікно нагнітання

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		33

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Продуктивність праці підвищується завдяки економії живого праці, економії суспільної праці шляхом підвищення якості продукції, поліпшення використання основних виробничих фондів, зменшення кількості аварій. Розвиток сучасного машинобудування йде по шляху розробки нових видів компресорних машин, верстатів, обладнання самого різного призначення, інтенсифікація їх використання за рахунок раціональних режимів експлуатації, вдосконалення технології, виробничого процесу і поліпшення профілактичного технічного обслуговування і ремонту. Необхідно, щоб праця людини протікає в сприятливих умовах, що сприяють розвитку всіх його здібностей і забезпечують високу продуктивність праці. Крім того, в процесі праці людина не повинна отримувати травми або захворіти професійним захворюванням.

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів компресорного виробництва У ГОСТ 12.0.002-1999 "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація» наводиться класифікація елементів умов праці, які виступають в ролі небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Вони підрозділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізичні. До небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться: незадовільні метеорологічні умови; забрудненість повітря виробничої пилом і шкідливими речовинами; несприятливий освітлення; шум і вібрація, що перевищують допустимі норми; підвищений рівень іонізуючих випромінювань; рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, пересуваються вироби (матеріали, заготовки), що руйнуються конструкції і ряд інших чинників. Шкідливими називаються речовини, які при контакті з організмом людини в разі порушень вимог безпеки можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення в стані здоров'я, що визначаються сучасними методами, як в процесі роботи, так і у віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь. Основними потенційними небезпеками при роботі

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

проектованого компресора можуть бути: - Вибухонебезпечність; - Пожежонебезпека; - Ураження електричним струмом. До потенційних шкідливостей відносять: - Шум при роботі агрегату; - Вібрація; - Підвищена запиленість, і загазованість повітря робочої зони; - Підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів; - Підвищена або знижена температура повітря робочої зони; - Підвищена або знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різка зміна; - Підвищена або знижена вологість повітря; - Підвищена або знижена рухливість повітря.

6.1 Вибухонебезпека (ГОСТ 12.1.010-76 «Вибухобезпека. Загальні вимоги»)

Джерелами виникнення вибуху може бути: недоброякісна мастило, гідропневмоудари, знаходження агрегату в зоні пожежі і вибухонебезпечних матеріалів. Виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність виникнення вибуху на будь-якому вибухонебезпечному ділянці протягом року не перевищувала в розрахунку на окремий пожежонебезпечний вузол (елемент) даного об'єкта (ГОСТ 12.1.004-91 «Пожежна безпека. Загальні вимоги») або вибухонебезпечний ділянку (ГОСТ 12.1.010-76 «Вибухобезпека. Загальні вимоги»). У разі технічної або економічної недоцільності забезпечення зазначеної ймовірності виникнення вибуху виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність впливу небезпечних чинників вибуху на людей протягом року не перевищував на людину (ГОСТ 12.1.010-76). При цьому прийняте значення ймовірності виникнення вибуху на будь-якому вибухонебезпечному ділянці повинно забезпечуватися і бути погоджено в установленому порядку з органами держнагляду. Вибухонебезпечне середовище можуть утворити: - Суміші речовин (газів, парів, пилу) з повітрям і іншими окислювачами (кисень, озон, хлор, оксиди азоту та ін.); - Речовини, схильні до вибухового перетворення (ацетилен, озон, гідразин та ін.). Джерелом ініціювання вибуху є: - Відкрите

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

полум'я, палаючі і розпечені тіла; - Електричні розряди; - Теплові прояви хімічних реакцій і механічних впливів; - Іскри від удару і тертя; - Ударні хвилі; - Електромагнітний і інші випромінювання. Запобігання утворенню вибухонебезпечного середовища та забезпечення в повітрі виробничих приміщень, гірничих виробок і т. п, змісту вибухонебезпечних речовин, що не перевищує нижньої концентраційної межі займання з урахуванням коефіцієнта безпеки, повинно бути досягнуто: - застосуванням герметичного виробничого устаткування; - застосування робочої і аварійної вентиляції; - відводити, видаленням вибухонебезпечного середовища і речовин, здатних привести до її підривання; - контролем складу повітряного середовища і відкладень вибухонебезпечного пилу. Вимоги до вибухозахисту. Запобігання впливу напрацювати небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають в результаті вибуху, і збереження матеріальних цінностей забезпечуються: - Встановленням невеликої кількості вибухонебезпечних речовин, які застосовуються в даних виробничих процесах; - Застосуванням вогнеперепинювачів, гідрозатворів, водяних і пилових заслонів, інертних що не підтримують горіння газових або парових завіс; - Застосуванням обладнання, розрахованого на тиск вибуху; - Обвалування і бункерування вибухонебезпечних ділянок виробництва або розміщення їх в захисних кабінах; - Захистом обладнання від руйнування під час вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани); - Застосуванням швидкодіючих відсічних і зворотних клапанів; - Застосуванням систем активного придушення вибуху; - Застосуванням засобів попереджувальної сигналізації.

6.2 Пожежонебезпека (ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги»

Протипожежний захист має забезпечуватися: - Засобами пожежогасіння, а) вогнегасники за способом спрацьовування: • автоматичні

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

(самоспрацьовують) - зазвичай стаціонарно монтуються в місцях можливого виникнення пожежі; • ручні (приводяться в дію людиною) - розташовуються на спеціально оформлених стендах; • універсальні (комбінованої дії) - поєднують в собі переваги обох вищеописаних типів. за принципом дії на осередок вогню: • газові (вуглекислотні), ПЕРЕНОСНІ: ОУ-ІВсі; ОУ-2Всі; ОУ-3Всі; ОУ-5Всі, ПЕРЕСУВНІ: ОУ-ІОВсі; ОУ-20Усі; ОУ-40ВСЕ; ОУ-80ВСЕ • пінні (хімічні, хімічні повітряно-пінні, повітряно-пінні, повітряноемульсійні), • порошкові, ПЕРЕНОСНІ: ВП-1 (б) -АВС; ОП-1 (з) -АВС; ОП-2 (з) -АВС; ОП-3 (з) -АВС; ОП-4 (з) -АВС; ОП-4 (г) -АВС; ОП-8 (з) -АВС; ОП-8 (г) -АВС Пересувні: ВП-50 (з) -ВСІ ОП-100 (з) -ВСІ • водні. ПЕРЕНОСНІ: ОВП-4 (з) АВ; ОВП-8 (з) АВ, ПЕРЕСУВНІ: ОВП-50 (з) АВ; ОВП-ЮО (з) АВ - Автоматичними установками пожежної сигналізації та пожежогасіння; - Засобами індивідуального та колективного захисту людей від небезпечних факторів пожежі (щити, бори, пісок) Основними вогнетривкими речовинами є вода, хімічна і повітряно-механічна піни, водні розчини солей, інертні і негорючі гази, водяна пара, галоїдноуглеводородні вогнегасні склади і сухі вогнегасні порошки , У виробничому приміщенні застосовуються, головним чином, вуглекислотні вогнегасники, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, схоронність електронного устаткування. Діелектричні властивості, дозволяють використовувати дані вогнегасники в разі неможливості знеструмлення агрегату.

6.3 Ураження електричним струмом Вимоги з електробезпеки регламентовані ГОСТ 12.1.030 - 81 «Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення».

Основними джерелами ураження електричним струмом є: - Випадкове дотик до токонесучих частин, що знаходяться в даний момент під напругою; - Несправність захисних засобів, за допомогою яких відбувається контакт робочого з струмоведучими частинами; - Поява напруги на металевих

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

частинах виробничого обладнання (огорожах, корпусах і ін.) Нормально не знаходяться під напругою. Останнє відбувається в результаті пошкодження ізоляції струмоведучих частин електрообладнання; - Контакт металевого обладнання з приводом, що знаходяться під напругою Результат впливу електричного струму на людину може призводити до наступного: виникають порушення діяльності життєво важливих органів людини (мозок, серце, легені); опіки окремих ділянок тіла; нагрів кровоносних судин, а також, що супроводжують перебіг по тілу електричного струму, судомні скорочення м'язів серця і легень, аж до повного припинення діяльності органів дихання і кровообігу. Захисне заземлення або занулення електроустановок слід виконувати: - При номінальній напрузі і вище змінного струму і вище постійного струму в усіх випадках; - При номінальній напрузі від до змінного струму і від до постійного струму при роботах в умовах з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних по ГОСТ 12.1.013-78 «Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпека. Загальні вимоги ». Заходи, що запобігають вплив електричного струму на людину передбачені ПУЕ. Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати: - Захисні огорожі; - Ізоляція струмоведучих частин; - Захисні відключення; - Засоби індивідуального захисту; - Захисне заземлення (при пошкодженні ізоляції).

4.5 Шум при роботі агрегату (ГОСТ 12.1.003-83 «Шум») Характеристики та допустимі рівні шуму на робочому місці. Характеристикою постійного шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску в в октавних смугах з середньгеометричними частотами. Для орієнтовної оцінки можна користуватися величиною рівня звуку в децибелах за шкалою А. Характеристикою непостійного шуму на робочих місцях є інтегральний критерій - еквівалентний (по енергії) рівень звуку в А, який визначається відповідно до довідковим додатком. Додатково для коливного в часі і переривчастого шуму обмежують максимальні рівні звуку в А, виміряні на тимчасовій характеристиці «повільно», а для імпульсного

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

шуму - максимальний рівень звуку в А1, вимірний на тимчасовій характеристиці «імпульс». Допускається як характеристики непостійного шуму використовувати дозу шуму або відносну дозу шуму. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях слід приймати: для широкосмугового постійного та непостійного (крім імпульсного) шуму - по таблиці. Захист від шуму. При розробці технологічних процесів, проектуванні, виготовленні та експлуатації машин, виробничих будівель і споруд, а також при організації робочого місця мають бути вжиті всі необхідні заходи щодо зниження шуму, що діє на людину на робочих місцях, до значень, що не перевищують допустимі: - Розробкою шумобезопасной техніки; - Застосуванням засобів і методів колективного захисту по ГОСТ 12.1.029-80 "Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація »; - Застосуванням засобів індивідуального захисту по ГОСТ 12.4.051-78 «Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні вимоги та методи випробувань». Зони з рівнем звуку або еквівалентним рівнем звуку повинні бути позначені знаками безпеки за ГОСТ 12.4.026-76 «Кольори сигнальні і знаки безпеки». Працююча в цих зонах адміністрація зобов'язана забезпечувати засобами індивідуального захисту згідно з ГОСТ 12.4.051-78 На підприємствах, в організаціях та установах повинен бути забезпечений контроль значень шуму на робочих місцях не рідше одного разу на рік. Загальні вимоги безпеки »при тривалій безперервній роботі компресорів не повинен перевищувати 85 за шкалою« А ». Якщо рівень звуку перевищує цей рівень, необхідно вжити заходів до зниження виробничого шуму до встановленої величини. Це можна здійснити шляхом: - Розміщення компресорів в звукоізоляційній камері; - Застосування віброізольюючих підстав будівельних конструкцій будівлі компресорної станції; - Застосування звукоізолюючих прокладок в місцях з'єднання компресора з повітропроводами і іншими частинами, а також спеціальних глушників па повітропроводах продувки судин і вихлопу повітря в

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

атмосферу; - Установки металевих щитів у фільтрів всмоктування повітря; - Покриття глушників, стін і дахів в приміщенні компресорної станції звукопоглинальними матеріалами; - Машиністам рекомендується застосовувати спеціальні шоломи. Шумові характеристики машин або граничні значення шумових характеристик повинні бути вказані в паспорті на них, керівництві (інструкції) з експлуатації або іншій супровідній документації.

4.6 Вібрація регламентуються ГОСТ 12.1.012-96 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги» Характерною шкідливістю для багатьох видів обладнання є вібрація. Вона виникає при роботі агрегату, при наявності в ньому неврівноважених силових взаємодій (найчастіше вони періодичні). Джерелами виникнення вібрації є: - Неврівноважені обертові маси агрегату; - Удари деталей (зубчасті зачеплення, підшипникові вузли); - Дефекти і розпушеності з'єднань окремих частин машини. Основним способом забезпечення вібробезпечного має бути створення і застосування вібробезпечних машин. Вібробезпечною праці повинна забезпечуватися: - Дотриманням правил та умов експлуатації; - Підтримкою належного технічного стану машини; - Своєчасним проведенням планово-попереджувальних ремонтів; - Застосуванням засобів індивідуального захисту від вібрацій. Найбільш небезпечним діянням вібрації є вплив її на людину обслуговуючого обладнання. Вплив вібрації на людину-оператора, тобто людини більшу частину часу перебуває в безпосередній близькості з машиною, класифікується: - За способом передачі вібрації на людину; - У напрямку дії вібрації; - По тимчасовій характеристиці вібрації. Як фактори, що впливають на ступінь і характер несприятливого впливу, повинні враховуватися: - Ризик (імовірність) прояви різних патологій, аж до професійної вібраційної хвороби; - Показники фізичного навантаження і нервово-емоційної напруги; - Вплив супутніх чинників посилюють вплив вібрації (охолодження, вологість, шум і т.п.); - Тривалість і уривчастість впливу вібрацій; - Тривалість робочої зміни.

4.7 Запобіжні пристрої від

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

підвищення тиску ГОСТ 12.2.085-2002. «Судини, що працюють під тиском. Клапани запобіжні. Вимоги безпеки» Як запобіжні пристрої застосовуються:

- 1) Пружинні запобіжні клапани;
- 2) Важільно -вантажні запобіжні клапани;
- 3) імпульсні запобіжні пристрої (ІЗП), що складаються із головного запобіжного клапана (ГЗК) і керуючого імпульсного клапана (ІПК) прямої дії
- 4) Запобіжні пристрої з руйнівними мембранами (мембранні запобіжні пристрої);
- 5) Інші пристрої, застосування яких узгоджено з Держнаглядохоронпраці України. Конструкція пружинного клапана повинна виключати можливість затягування пружини понад встановлену величин, а пружина має бути захищена від недопустимого нагріву (охолодження) і безпосередньо дії робочого середовища, якщо вона погано впливає на матеріал пружини. Конструкція пружинного клапана повинна передбачати пристрій для перевірки справності дії клапана в робочому стані способом прінудительно відкривання його під час роботи. Посудина, розрахована на тиском менше тиску яке її живить, повинна мати на підвідному трубопроводі автоматичний редуцирующие пристрій з манометром і запобіжним пристроєм, установленим на боці меншого тиск після пристрій для редукування тиску. У разі встановлення обвідної лінії (байпаса) вона також повинна бути оснащена редуцирующим пристроєм. Для групи посудин, що працюють при одному і тому ж тиску, допускається встановлювати один пристрій для редукування тиску з манометром і запобіжним клапаном на загальному підводящим трубопроводі до першого відгалуження до однієї з посудин. У цьому випадку встановлювати запобіжні пристрої на самих посудинах не обов'язкова, якщо в них виключена можливість підвищення тиску. Кількість запобіжних клапанів, їх розміри і пропускну здатність повинні бути вибрані за розрахунком так, що б в посудині не міг утворитися тиск, який перевищує надмірний робочий тиск більш ніж на 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) для посудин тиском до 0,3 МПа (3 кгс/см²), на 15% - для судин з тиском від 3 до 6,0 МПа (30 ... 60 кгс/см²), на 10 і% - для судин з тиском

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

вище 6,0 МПа (60 кгс/см²). Якщо працюють запобіжні клапани, то допускається перевищення тиску в посудині не більше як на 25% робочого за умови, що це перевищення передбачене проектом і відображене в паспорті посудини. Запобіжні пристрої повинні встановлюватися на патрубках або трубопроводах, безпосередньо до посудини. Приєднувальні трубопроводи запобіжних пристроїв (підвідні, відвідні, дренажні) мають бути захищені від замерзання в них робочого середовища. При установці на одному патрубку (трубопроводі) встановлюють кілька запобіжних клапанів площею поперечного перерізу патрубка (трубопроводу) повинна бути не менше 1,25 сумарної площі перетину клапанів, встановлених на ньому. При визначенні перетину приєднувальних трубопроводів довжиною понад 1000 мм необхідно також враховувати величину їх опорів. Відбір робочого середовища з патрубків (і на ділянках приєднувальних трубопроводів від посудини до клапанів), на яких встановлені запобіжні клапани, не допускається. Арматура перед (за) запобіжним клапаном може бути встановлена за умови монтажу двох запобіжних клапанів і блокування, що виключає можливість одночасного їх відключення. У цьому випадку кожен з них повинен мати пропускну здатність, передбачену ст. цих Правил. При встановленні групи запобіжних клапанів та арматури перед (за) ними блокування повинна бути виконана таким чином, щоб при будь-якому передбаченому проектному варіанті відключення клапанів залишені включеними запобіжні клапани мали сумарну пропускну здатність передбачені пунктами цих правил. Відвідні труби запобіжних пристроїв та імпульсні лінії ІПУ в місцях можливого скупчення конденсату повинні бути обладнані, дренажними пристроями для видалення конденсату. Встановлення запірних органів або іншої арматури на дренажних трубопроводах не допускається. Середовище, що виходить із запобіжних пристроїв і дренажів, повинна відводиться в безпечне місце. Мембранні запобіжні пристрої встановлюються: 1) замість важільно-вантажних і пружинних запобіжних

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

клапанів. Коли вони в робочих умовах конкретного середовища не можуть бути застосовані внаслідок їх інерційності або інших причин; 2) перед запобіжними клапанами у випадках коли запобіжні клапани не можуть надійно працювати внаслідок шкідливої дії робочого середовища (корозія, ерозія, полімеризація, кристалізація, прилипання, замерзання) або можливих витікань через закритий клапан вибухо- і пожежонебезпечних, токсичних, екологічно шкідливих речовин. У цьому випадку повинен бути передбачений пристрій, що дозволяє контролювати мембрани; 3) паралельно із запобіжним клапаном для збільшення пропускної здатності систем скидання тиску; 4) на вихідній стороні запобіжних клапанів для запобігання шкідливої дії робочих середовищ з боку скидної системи і для виключення впливу коливання протитиску з боку цієї системи на точність спрацювання запобіжних клапанів. Необхідність і місце установки мембранних запобіжних пристроїв і їх конструкцію визначає проектна організація. На виготовлення мембран підприємство повинно мати дозвіл органів Держнаглядохоронпраці. Кожна запобіжна мембрана повинна мати заводське клеймо із зазначенням тиску спрацювання, допустимої робочої температури експлуатації. Паспорт видається на всю партію однотипних мембран, направляємих одному споживачеві. До паспорта має бути докладено технічна документація на противакуумні опори, на живі леза, що затискають інші елементи, в зборі з якими допускається в експлуатацію мембрани даної партії. Паспорт повинен бути підписаний керівником підприємства - виробника, підпис якого скріплюється печаткою. Мембранні запобіжні пристрої повинні розміщуватися в місцях, відкритих і доступних для огляду і монтажу і демонтажу, приєднувальні трубопроводи повинні бути захищені від замерзання в них робочого середовища, а пристрій повинен встановлюватися на патрубках. Порядок і терміни перевірки справності дії клапанів, запобіжних і мембранних пристроїв в залежності від умов технологічного прогресу повинні бути вказані в інструкції з експлуатації запобіжних

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

пристроїв, розроблений відповідно до вказівки підприємства-виробника і затверджений в установленому порядку.

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		44

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин/ Е.М. Бамбушек и др. –Л.: Машиностроение, 1987.– 423с.
2. Холодильные машины/ Н.Н. Кошкин и др. –Л.: Машиностроение, 1985. –510с.
3. Холодильные компрессоры: справочник из серии “Холодильная техника”/ за ред. А.В. Быкова. –М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.- 280с.
4. Охорона праці: Конспект лекцій/ Укладач А.Ф. Денисенко.– Суми: Вид-во СумДУ, 2007.– Ч.2.– 130с.
5. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении.– М.: Машиностроение, 1983.– 427с.
6. НПАОП 0.00-1.69-13 "Правила охорони праці під година експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій, теплових ятерів і тепловикористовувальних установок".

					КМ 04.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		