

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
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:

"Розроблення поршневого компресора
для автомобільної газонаповнювальної
компресорної станції"

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Здобувач

Є. М. Овчарик

Група

ХК.з-71с

Керівник роботи

С. О. Шарапов

Зміст

	с.
Вступ	3
1 Проектний розрахунок поршневого компресора	7
1.1 Розрахунок теплофізичних властивостей стисненого газу	7
1.2 Попередній термодинамічний розрахунок компресора	9
2 Вибір клапанів	26
3 Перевірочний розрахунок поршневого компресора	27
3.1 Визначаємо відношення тисків газу в циліндрах	27
3.2 Значення величин A_{C_i} та A_{P_i} визначається за формулами	28
3.3 Індикаторна потужність компресора визначається за формулою	29
3.4 Визначаємо потужність, споживану компресором	30
3.5 Ізотермний коефіцієнт корисної дії компресора	31
4 Вибір привода компресора	32
5 Охорона праці	33
Список використаних джерел	39

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Овчарик</i>				<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Шарапов</i>				2	39	
<i>Реценз.</i>					<i>СумДУ гр. ХКз-71с</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Шарапов</i>						
<i>Затв.</i>	<i>Вансєв</i>						
					Теплонасосна установка з використанням пароструминної термокомпресії		

- Блок попередньої очистки газу - забезпечує підготовку параметрів газу до рівня, що вимагає застосовуваної технологією стиснення.

- Блок компримування (компресорний блок) - здійснює підвищення тиску газу з газопроводу до необхідних 250 атм.

- Блок підготовки КПГ - доводить параметри стисненого газу до якості по ГОСТ 27577.

- Блок акумуляції - накопичує запас КПГ, що йде на заправку автотранспорту до моменту включення компресора і виходу на режим.

- Блок редукування - знижує тиск газу до 200 атм.

- За паливними колонки - здійснює заправку автотранспортного засобу і враховує кількість газу, відпущеного споживачеві.

Переваги АГНКС

Економічні. При однаковій витраті на 100 км шляху вартість газу в 2-3 рази нижче вартості бензину або дизельного палива. Збільшується термін служби двигуна і моторного масла в 2 рази. Робота двигуна на метані стає м'якше, ні в одному режимі немає детонації, октанове число газу-110. Збільшується термін служби свічок запалювання на 40%. Переведення автомобіля на стиснений газ не вимагає конструктивної переробки двигуна.

Екологічні. Знижується токсичність відпрацьованих газів: окису вуглецю в 5-10 разів вуглеводню в 3 рази оксиду азоту в 1,5-2,5 рази. Рівень шуму працюючого двигуна знижується в 2 рази.

Безпека. Метан легше повітря в 1.6 рази і при витоку відразу випаровується, не створюючи вибухонебезпечної суміші.

Компресор ЗГШ1,6-0,15 / 0,4-230 призначений для стиснення природного газу.

Картер компресора - литий, чавунний, тунельного типу. Доступ в картер здійснюється через кришки, розташовані на бічній поверхні. В одній з них встановлено показчик.

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

Вал колінчастий - двухопорний, одноколінчастий, литий з високоміцного чавуну. Опорами є два радіально-сферичних підшипника. На шатунній шийці вала монтуються шатуни з тонкостінними вкладишами від двигуна СМД-20.

Для підведення масла до тонкостінних вкладишів шатунів вал має внутрішні клапани і отвори в шатунній шийці.

Для вирівнювання тиску в картері служить сапун тарільчастого типу.

Через хвостовик колінчастого вала і його противагу виконаний отвір, що з'єднує внутрішню порожнину картера з атмосферою. Цей отвір виконує роль додаткового сапуна.

Поршень першого ступеня і крейцкопф першої, другої-четвертої і третьої-п'ятої ступенів литі з алюмінієвого сплаву АК5М7 ГОСТ 1583-93, циліндри всіх ступенів - литі чавунні. Поршні другого-четвертого і третього-п'ятого ступенів - сталеві.

Ущільнення між поршнями і циліндрами служать:

- на першому місці - три ущільнювальних кільця і одне напрямне кільце.
- на другому ступені - три ущільнювальних кільця і одне напрямне кільце.
- на третьому щаблі - три ущільнювальних кільця і одне напрямне кільце.
- на четвертій сходинці - сім кілець ущільнювачів.
- на п'ятому ступені - одинадцять кілець ущільнювачів.

Всі ступені компресора мають крейцкопф. Крейцкопф з'єднані з верхньою головкою шатуна за допомогою поршневих пальців. Поршні ступенів змонтовані на штоках і з'єднані з шатунами за допомогою сережок, встановлених на поршневих пальцях. Крейцкопф всіх ступенів - циліндричні порожнисті зі зрізами в двох площинах, паралельних площині гойдання шатуна.

Циліндри крейцкопфів всіх ступенів виконані заодно з картером.

Сальник складається з чотирьох камер з самоущільнювальними графіто-фторопластовими елементами. У трьох камерах є по два кільця, які охоплюються браслетного пружинами. Перше по ходу газу кільце розрізане на

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

три частини, служить для перекриття зазорів в стиках другого (ущільнюючого) кільця, розрізаного на шість частин. Їх взаємне розташування фіксується штифтом. У першій камері з боку поршня встановлено дросельне кільце. Торці всіх камер притерти. Камери сальника стягуються шпильками. Для герметизації сальника в посадочних місцях циліндрів служить прокладка.

Знімач мастила складається з корпусу, кришки і маслосборного кільця, взаємне положення яких фіксується штифтом відбивача, який кріпиться до корпусу гвинтами.

Маслосборні кільця розрізні, виконані з бронзи і охоплюються браслетного пружинами.

Клапани усмоктувальні першого ступеня, нагнітальні першого ступеня, всмоктувальні другої і третьої ступенів і нагнітальні другої і третьої ступенів - індивідуальні смугові з гнучкими обмежувачами. Матеріал клапанних дошок - сталь 30X13. Пластини і пружини виконані зі сталевий стрічки 08X15H5Д2Т-Ш. Клапан відкривається під дією різниці тисків. Закриття клапана здійснюється при відсутності різниці тисків над і під пластиною, під дією пружин, що впливають на пластини. Клапан четвертій сходинці - комбінований кільцевої. Корпусні деталі скріплені шпилькою з двома гайками. У сідлах клапана проточені кільцеві канавки для розміщення робочих органів клапанів - кільцевих пластин. Кільцеві пластини підтискаються пружинами. Клапан має два всмоктуючих каналу і один нагнітальний. Клапан п'ятому ступені - тарільчастий. Це односідельними клапан, який відкривається за допомогою кулачків і важелів, а закривається за допомогою пружин.

Обертання від двигуна до валу компресора передається через втулочно-пальцеве муфту. Напівмуфти компресора і двигуна виконані литими чавунними. Напівмуфта на валу компресора одночасно виконує роль маховика. Кільця виконані гумовими.

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

1 Проектний розрахунок поршневого компресора

1.1 Розрахунок теплофізичних властивостей стисненого газу

1.1.1 газова стала і показник адіабати:

Для багатоконпонентного робочого тіла, яким є природний газ, газову сталу і показник адіабати визначаємо за формулами ([1], с. 3):

$$R_{cm} = \frac{8314}{\mu_{cm}} \quad (1.1)$$

де μ_{cm} – молярна маса суміші,
$$\mu_{cm} = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot \Gamma_i ;$$

μ_i – молярна маса і-го компоненту;

Γ_i – об'ємна частка і-го компоненту

$$\mu_{cm} = 0,900 \cdot 16,0 + 0,040 \cdot 30,0 + 0,015 \cdot 44,0 + 0,010 \cdot 58,0 + 0,003 \cdot 72,0 + 0,010 \cdot 28,0 + 0,010 \cdot 44,0 + 0,012 \cdot 32 = 18,28 \text{ (кг/моль)}$$

$$R_{cm} = \frac{8314}{18,28} = 457,84 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right)$$

$$K_{cm} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma_i}{K_i - 1} \right)} + 1 \quad (1.2)$$

де K_i – показник адіабати і-го компоненту

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

$$K_{cm} = \frac{1}{\left(\frac{0,900}{1,32-1} + \frac{0,040}{1,20-1} + \frac{0,015}{1,16-1} + \frac{0,010}{1,10-1} + \frac{0,003}{1,08-1} + \frac{0,010}{1,04-1} + \frac{0,010}{1,31-1} + \frac{0,012}{1,40-1} \right)} + 1 = 1,30$$

1.1.2 Густина стисненого газу:

$$\rho = \frac{P_H}{\zeta \cdot R \cdot T_H} \quad (1.3)$$

де P_H – початковий тиск стисненого газу, $P_H = 1,5 \text{ кгс/см}^2 = 0,15 \cdot 10^6 \text{ Па}$;

ζ – коефіцієнт стисненості, який визначається за ζ, π -діаграмою

T_H – початкова температура стисненого газу, $T_H = -20^\circ\text{C} = 253 \text{ К}$.

$$\pi = \frac{P}{P_{KP}} = \frac{P}{\sum_{i=1}^n y_i \cdot P_{KPi}} \quad (1.4)$$

$$\tau = \frac{T}{T_{KP}} = \frac{T}{\sum_{i=1}^n y_i \cdot T_{KPi}} \quad (1.5)$$

$$\pi = \frac{0,15}{0,900 \cdot 4,64 + 0,040 \cdot 4,86 + 0,015 \cdot 4,27 + 0,010 \cdot 3,80 + 0,003 \cdot 3,27 + 0,010 \cdot 3,39 + 0,010 \cdot 7,38 + 0,012 \cdot 5,08} = 0,032$$

$$\tau_1 = \frac{253}{0,900 \cdot 190,5 + 0,040 \cdot 305,3 + 0,015 \cdot 369,8 + 0,010 \cdot 425,0 + 0,003 \cdot 467,0 + 0,010 \cdot 126,0 + 0,010 \cdot 304,0 + 0,012 \cdot 154,0} = 1,259$$

З розрахунків отримуємо, що $\zeta_1 = 0,99$

$$\rho_1 = \frac{0,15 \cdot 10^6}{0,99 \cdot 457,84 \cdot 253} = 1,31 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

					ХКЗ 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.1.3 Масова продуктивність компресора:

$$\bar{M} = \rho \cdot V \quad (1.6)$$

де V – об'ємна витрата за умовами всмоктування, $V = 1,0 \text{ м}^3/\text{хв}$.

$$\bar{M}_1 = \frac{1,31 \cdot 1,0}{60} = 0,0218 \text{ (кг/с)}$$

1.2 Попередній термодинамічний розрахунок компресора

1.2.1 Число ступенів компресора:

$$z_p = \frac{\ln \Pi_0}{\ln \Pi_{ст}} \quad (1.7)$$

де Π_0 – загальне відношення тисків в компресорів;

$\Pi_{ст}$ – відношення тисків в ступені компресора, знаходиться в межах $\Pi_{ст} = 2 \div 7$ ([1]), приймаємо $\Pi_{ст} = 3,0$

$$\Pi_0 = \frac{P_K}{P_H} \quad (1.8)$$

де P_H – абсолютний тиск всмоктування, $P_H = 1,5 \text{ кгс/см}^2 = 0,15 \cdot 10^6 \text{ Па}$;

P_K – абсолютний тиск нагнітання, $P_K = 231 \text{ кгс/см}^2 = 23,1 \cdot 10^6 \text{ Па}$

$$\Pi_0 = \frac{23,1 \cdot 10^6}{0,15 \cdot 10^6} = 154,0$$

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$z_p = \frac{\ln 154,0}{\ln 3,0} = 4,58$$

Приймаємо число ступенів компресора, яке дорівнює $z_p = 5$.

1.2.2 Розрахунок параметрів стисненого газу в ступенях компресора:

Відношення тисків всмоктування і нагнітання в ступенях

$$\pi_i = \sqrt[z]{\pi_0} \quad (1.9)$$

$$\pi_i = \sqrt[5]{154} = 2,75$$

Номінальні стики всмоктування і нагнітання в ступенях компресора

$$P_{H1} = P_H = 0,15 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_{K1} = P_{H1} \cdot \pi_i = 0,15 \cdot 10^6 \cdot 2,75 = 0,41 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

$$P_{H2} = P_{K1} = 0,41 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_{K2} = P_{H2} \cdot \pi_i = 0,41 \cdot 10^6 \cdot 2,75 = 1,13 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

$$P_{H3} = P_{K2} = 1,13 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_{K3} = P_{H3} \cdot \pi_i = 1,13 \cdot 10^6 \cdot 2,75 = 3,11 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

$$P_{H4} = P_{K3} = 3,11 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_{K4} = P_{H4} \cdot \Pi_i = 3,11 \cdot 10^6 \cdot 2,75 = 8,55 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

$$P_{H5} = P_{K4} = 8,55 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_{K5} = P_{H5} \cdot \Pi_i = 8,55 \cdot 10^6 \cdot 2,75 = 23,52 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$$

Показники політроп стиснення в ступенях компресора

$$n_i = n_1 + 0,015 \cdot (i-1) \cdot K \quad (1.10)$$

де $n_1 = \alpha K$ – показник політропи стиснення першого ступеня;

α - коефіцієнт, який враховує продуктивність та відношення тисків в ступені, $\alpha = 0,92 \div 1,0$. Приймаємо $\alpha = 0,94$, тоді $n_1 = 0,94 \cdot 1,30 = 1,22$

$$n_2 = 1,22 + 0,015 \cdot (2-1) \cdot 1,30 = 1,24$$

$$n_3 = 1,22 + 0,015 \cdot (3-1) \cdot 1,30 = 1,26$$

$$n_4 = 1,22 + 0,015 \cdot (4-1) \cdot 1,30 = 1,28$$

$$n_5 = 1,22 + 0,015 \cdot (5-1) \cdot 1,30 = 1,30$$

Показники політроп розширення

$$m_1 = (0,92 \div 0,98) \cdot 1,22 = 1,122 \div 1,196 \quad \text{приймаємо } m_1 = 1,150$$

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$m_2 = (0,92 \div 0,98) \cdot 1,24 = 1,141 \div 1,215 \quad \text{приймаємо } m_2 = 1,225$$

$$m_3 = (0,92 \div 0,98) \cdot 1,26 = 1,159 \div 1,235 \quad \text{приймаємо } m_3 = 1,264$$

$$m_4 = (0,92 \div 0,98) \cdot 1,28 = 1,178 \div 1,254 \quad \text{приймаємо } m_4 = 1,264$$

$$m_5 = (0,92 \div 0,98) \cdot 1,30 = 1,196 \div 1,274 \quad \text{приймаємо } m_5 = 1,300$$

Температура газу в кінці стиснення в ступенях компресора.

Температури в кінці стиснення знаходимо з розрахунку, що вони не повинні перевищувати граничних значень $[T_{ki}] = 430 \div 450 \text{ K}$

$$T_{K1} = T_{H1} \cdot \Pi_i^{\frac{n_1-1}{n_1}} \quad (1.11)$$

де T_{H1} – температура газу на всмоктуванні в перший ступінь, $T_{H1} = 253 \text{ K}$;

$$T'_{K1} = 253 \cdot 2,75^{\frac{1,22-1}{1,22}} = 304 (\text{K})$$

$$T'_{K2} = T_{H2} \cdot \Pi_i^{\frac{n_2-1}{n_2}} \quad (1.12)$$

де T_{H2} – температура газу на всмоктуванні в другий ступінь;

$$T_{H2} = 273 + t_B + \Delta t$$

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де t_B – температура охолоджуючого повітря, приймаємо $t_B = 20^\circ\text{C}$;

Δt – недоохолодження газу після проміжного теплообмінника. Т. як компресор з повітряним охолодження, приймаємо $\Delta t = 15^\circ\text{C}$ ([1], с. 5)

$$T_{H2} = 273 + 20 + 15 = 308 \text{ (K)}$$

$$T'_{K2} = 308 \cdot 2,75^{\frac{1,24-1}{1,24}} = 375 \text{ (K)}$$

$$T'_{K3} = T_{H3} \cdot \Pi_i^{\frac{n_3-1}{n_3}} \quad (1.13)$$

де T_{H3} – температура газу на всмоктуванні в третій ступінь;

$$T_{H3} = 273 + 20 + 15 = 308 \text{ (K)}$$

$$T'_{K3} = 308 \cdot 2,75^{\frac{1,26-1}{1,26}} = 380 \text{ (K)}$$

$$T'_{K4} = T_{H4} \cdot \Pi_i^{\frac{n_4-1}{n_4}} \quad (1.14)$$

де T_{H4} – температура газу на всмоктуванні в четвертий ступінь;

$$T_{H4} = 273 + 20 + 15 = 308 \text{ (K)}$$

$$T'_{K4} = 308 \cdot 2,75^{\frac{1,28-1}{1,28}} = 384 \text{ (K)}$$

					<i>ХКЗ 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

$$T'_{K5} = T_{H5} \cdot \prod_i^{\frac{n_5-1}{n_5}} \quad (1.15)$$

де T_{H5} – температура газу на всмоктуванні в п'ятий ступінь;

$$T_{H5} = 273 + 20 + 15 = 308 (K)$$

$$T'_{K5} = 308 \cdot 2,75^{\frac{1,30-1}{1,30}} = 388 (K)$$

Густина стисненого газу на всмоктуванні у ступені компресора

$$\rho_{H1} = \frac{P_{H1}}{\zeta \cdot R \cdot T_{H1}} \quad (1.20)$$

де ζ – коефіцієнт стиснення, $\zeta_1 = 0,99$, $\zeta_1' = 0,99$, $\zeta_2 = 0,98$, $\zeta_3 = 0,97$,
 $\zeta_4 = 0,96$, $\zeta_5 = 0,96$

$$\rho'_{H1} = \frac{0,15 \cdot 10^6}{0,99 \cdot 457,84 \cdot 253} = 1,31 (кг/м^3)$$

$$\rho'_{H2} = \frac{0,41 \cdot 10^6}{0,98 \cdot 457,84 \cdot 375} = 2,44 (кг/м^3)$$

$$\rho'_{H3} = \frac{1,13 \cdot 10^6}{0,97 \cdot 457,84 \cdot 380} = 6,70 (кг/м^3)$$

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$\rho'_{H4} = \frac{3,11 \cdot 10^6}{0,96 \cdot 457,84 \cdot 384} = 18,43 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

$$\rho'_{H5} = \frac{8,55 \cdot 10^6}{0,96 \cdot 457,84 \cdot 388} = 50,14 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

1.2.3 Визначення коефіцієнта продуктивності ступенів компресора:

Коефіцієнти продуктивності ступенів

$$\lambda_i = \lambda_{oi} \cdot \lambda_{pi} \cdot \lambda_{Ti} \cdot \lambda_{Gi} - v_{Ki} \quad (1.21)$$

де λ_{oi} – об'ємний коефіцієнт;

λ_{pi} – коефіцієнт дроселювання ступеня компресора;

λ_{Ti} – коефіцієнт підігріву ступеня компресора;

λ_{Gi} – коефіцієнт герметичності ступенів компресора, $\lambda_{Gi} = 0,95 \div 0,98$;

v_{Ki} – відносна величина втрати продуктивності при конденсації водяних парів у теплообміннику після ступеня

Об'ємний коефіцієнт

$$\lambda_{oi} = 1 - a_i \cdot \left[\frac{\zeta_{Hi}}{\zeta_{Ki}} \cdot \Pi_i^{\frac{1}{m_i}} - 1 \right] \quad (1.22)$$

де a_i – відносна величина мертвого об'єму ступеня $a_1 = 0,11$, $a_2 = 0,18$;
 $a_3 = 0,26$; $a_4 = 0,14$; $a_5 = 0,16$;

					ХКЗ 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

ζ_{Hi} та ζ_{Ki} – коефіцієнти стиснення при початковому та кінцевому тисках

$$\lambda_{01} = 1 - 0,11 \cdot \left[\frac{0,99}{0,98} \cdot 2,75^{\frac{1}{1,150}} - 1 \right] = 0,842$$

$$\lambda_{02} = 1 - 0,18 \cdot \left[\frac{0,98}{0,97} \cdot 2,75^{\frac{1}{1,225}} - 1 \right] = 0,765$$

$$\lambda_{03} = 1 - 0,26 \cdot \left[\frac{0,97}{0,96} \cdot 2,75^{\frac{1}{1,264}} - 1 \right] = 0,675$$

$$\lambda_{04} = 1 - 0,14 \cdot \left[\frac{0,96}{0,96} \cdot 2,75^{\frac{1}{1,264}} - 1 \right] = 0,828$$

$$\lambda_{05} = 1 - 0,16 \cdot \left[\frac{0,96}{0,95} \cdot 2,75^{\frac{1}{1,300}} - 1 \right] = 0,808$$

Коефіцієнт дроселювання ступеня компресора

$$\lambda_{Pi} = 1 - \frac{1 + a_i}{n_1 \cdot \lambda_{0i}} \cdot \eta_i \quad (1.23)$$

де n_1 – показник політропи на початку процесу стиснення, $n_1 = 1,5$;

α_{1i} – відносні втрати тиску на всмоктуванні в ступінь, $\alpha_{11} = 0,03 \div 0,07$
(приймаємо $\alpha_{11} = 0,050$),

$$\alpha_{12} = 0,8^{(2-1)} \cdot \alpha_{11} = 0,8 \cdot 0,05 = 0,040$$

					ХКЗ 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$\alpha_{13} = 0,8^{(3-1)} \cdot \alpha_{11} = 0,8^2 \cdot 0,05 = 0,032$$

$$\alpha_{14} = 0,8^{(4-1)} \cdot \alpha_{11} = 0,8^3 \cdot 0,05 = 0,026$$

$$\alpha_{15} = 0,8^{(5-1)} \cdot \alpha_{11} = 0,8^4 \cdot 0,05 = 0,021$$

$$\lambda_{p1} = 1 - \frac{1 + 0,11}{1,5 \cdot 0,842} \cdot 0,050 = 0,956$$

$$\lambda_{p2} = 1 - \frac{1 + 0,18}{1,5 \cdot 0,765} \cdot 0,04 = 0,959$$

$$\lambda_{p3} = 1 - \frac{1 + 0,26}{1,5 \cdot 0,675} \cdot 0,032 = 0,960$$

$$\lambda_{p4} = 1 - \frac{1 + 0,14}{1,5 \cdot 0,828} \cdot 0,026 = 0,976$$

$$\lambda_{p5} = 1 - \frac{1 + 0,16}{1,5 \cdot 0,808} \cdot 0,021 = 0,979$$

Коефіцієнт підігріву ступеня компресора

$$\lambda_{Ti} = 0,985 - C_i \cdot (\Pi_i - 1) \quad (1.24)$$

де C_i – емпірична величина, яка має менші значення для ступенів компресора з більшою продуктивністю з водяним охолодженням
 $C_i = 0,007 \div 0,015$

									Лист
									17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ХКз 01.00.00.00 ПЗ				

$$\lambda_{T1} = 0,985 - 0,01 \cdot (2,75 - 1) = 0,968$$

$$\lambda_{T2} = 0,985 - 0,009 \cdot (2,75 - 1) = 0,969$$

$$\lambda_{T3} = 0,985 - 0,009 \cdot (2,75 - 1) = 0,969$$

$$\lambda_{T4} = 0,985 - 0,008 \cdot (2,75 - 1) = 0,971$$

$$\lambda_{T5} = 0,985 - 0,008 \cdot (2,75 - 1) = 0,971$$

Відносна величина втрати продуктивності при конденсації водяних парів у теплообміннику після ступеня

$$v_{Ki} = \frac{\psi \cdot P_{HP}}{P_{HI} - \psi \cdot P_{HP}} \cdot \frac{R}{R_{ВП}} \quad (1.25)$$

де ψ - відносна вологість стисненого газу за умовами всмоктування, $\psi = 1,0$;

P_{HP} – тиск насичених парів води за температури води з температурою всмоктування в перший ступінь T_{H1} , $P_{HP} = 2332$ Па ([2]);

$R_{ВП}$ – питома газова стала водяної пари, $R_{ВП} = 462$ кДж/(кг · К) ([2])

$$v_{K1} = \frac{1,0 \cdot 2332}{0,15 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 2332} \cdot \frac{457,84}{462} = 0,0182$$

$$v_{K2} = \frac{1,0 \cdot 2332}{0,41 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 2332} \cdot \frac{457,84}{462} = 0,0060$$

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$V_{K3} = \frac{1,0 \cdot 2332}{1,13 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 2332} \cdot \frac{457,84}{462} = 0,0021$$

$$V_{K4} = \frac{1,0 \cdot 2332}{3,11 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 2332} \cdot \frac{457,84}{462} = 0,0007$$

$$V_{K5} = \frac{1,0 \cdot 2332}{8,55 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 2332} \cdot \frac{457,84}{462} = 0,0003$$

$$\lambda_1 = 0,842 \cdot 0,956 \cdot 0,968 \cdot 0,98 - 0,0182 = 0,745$$

$$\lambda_2 = 0,765 \cdot 0,959 \cdot 0,969 \cdot 0,97 - 0,0060 = 0,684$$

$$\lambda_3 = 0,675 \cdot 0,960 \cdot 0,969 \cdot 0,97 - 0,0021 = 0,607$$

$$\lambda_4 = 0,828 \cdot 0,976 \cdot 0,971 \cdot 0,96 - 0,0007 = 0,753$$

$$\lambda_5 = 0,808 \cdot 0,979 \cdot 0,971 \cdot 0,95 - 0,0003 = 0,729$$

1.2.4 Визначення розмірів та вибір бази компресора:

Вибираємо W-подібну базу марки W16 для якої:

- величина граничного навантаження $P_{\text{доп}} = 16$ кН;
- число рядів $i = 3$;
- частота обертання колінчастого вала $n = 12,25$ 1/с;
- хід поршня $S = 0,09$ м;
- діаметр штока $d_{\text{шт}} = 0,032$ м

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

Діаметр циліндра першого ступеня компресора. Перший ступінь – подвійної дії

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot \bar{M}}{\pi \cdot S \cdot n \cdot \rho_{H1} \cdot (2 - F_0^2) \cdot \lambda_1 \cdot j_1}} \quad (1.26)$$

де \bar{M} - масова продуктивність компресора, яка визначена за заданими початковими даними, $\bar{M}_1 = 0,0218$ кг/с;

S – хід поршня, $S = 0,09$ м;

n – частота обертання колінчастого вала компресора, $n = 12,25$ 1/с;

ρ_{H1} – густина газу на всмоктуванні в ступінь компресора, $\rho'_{H1} = 1,31$ кг/м³;

F_0^2 – відносна площа штоку, для попередніх розрахунків вибираємо в діапазоні 0,04÷0,05, приймаємо $F_0^2 = 0,05$;

λ_1 – коефіцієнт продуктивності ступеня, $\lambda_1 = 0,745$;

j_1 – число циліндрів ступеня, $j_1 = 1$

$$D'_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0218}{3,14 \cdot 0,09 \cdot 12,25 \cdot 1,31 \cdot (2 - 0,05) \cdot 0,745 \cdot 1}} = 0,131 \text{ (м)}$$

Вибираємо діаметр циліндра першого ступеня $D_1 = 140$ мм.

Діаметр циліндра другого ступеня компресора

$$V_{HII} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_2^2 - d_{um}^2) \cdot S \cdot n \quad (1.27)$$

звідки

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{hII}}{\pi \cdot S \cdot n} + d_{шт}^2} \quad (1.28)$$

де V_{hII} – об'ємна продуктивність другого ступеня;

$d_{шт}$ – діаметр штока, $d_{шт} = 0,032$ м

$$V_{hII} = \frac{\bar{M}}{\lambda_2 \cdot \rho_{H2}} \quad (1.29)$$

$$V_{hII}' = \frac{0,0218}{0,684 \cdot 2,44} = 0,0145 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0145}{3,14 \cdot 0,09 \cdot 12,25} + 0,032^2} = 0,129 \text{ (м)}$$

Вибираємо діаметр циліндра другого ступеня $D_2 = 130$ мм.

Діаметр циліндра другого ступеня компресора. Третя ступінь – простої дії.

$$D_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot \bar{M}}{\pi \cdot S \cdot n \cdot \rho_{H3} \cdot \lambda_3 \cdot j_3}} \quad (1.30)$$

де \bar{M} - масова продуктивність компресора, яка визначена за заданими

початковими даними, $\bar{M}_1 = 0,0218$ кг/с;

S – хід поршня, $S = 0,09$ м;

n – частота обертання колінчастого вала компресора, $n = 12,25$ 1/с;

ρ_{H3} – густина газу на всмоктуванні в ступінь компресора, $\rho_{H3} = 6,70$ кг/м³;

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

λ_3 – коефіцієнт продуктивності ступеня, $\lambda_3 = 0,607$;

J_3 – число циліндрів ступеня, $j_3 = 1$

$$D_3' = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0218}{3,14 \cdot 0,09 \cdot 12,25 \cdot 6,70 \cdot 0,607 \cdot 1}} = 0,079 \text{ (м)}$$

Вибираємо діаметр циліндра третього ступеня $D_3 = 80$ мм.

Діаметр циліндра четвертого ступеня компресора

$$V_{hIV} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_4^2 - d_{шт}^2) \cdot S \cdot n \quad (1.31)$$

звідки

$$D_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{hIV}}{\pi \cdot S \cdot n} + d_{шт}^2} \quad (1.32)$$

де V_{hIV} – об'ємна продуктивність четвертого ступеня;

$d_{шт}$ – діаметр штока, $d_{шт} = 0,032$ м

$$V_{hIV} = \frac{\bar{M}}{\lambda_4 \cdot \rho_{H4}} \quad (1.33)$$

$$V_{hIV}' = \frac{0,0218}{0,753 \cdot 18,43} = 0,0016 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

$$D_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0016}{3,14 \cdot 0,09 \cdot 12,25} + 0,032^2} = 0,054 \text{ (м)}$$

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо діаметр циліндра четвертого ступеня $D_4 = 55$ мм.

Діаметр циліндра п'ятого ступеня компресора. П'ятий ступінь – простої дії.

$$D_5 = \sqrt{\frac{4 \cdot \bar{M}}{\pi \cdot S \cdot n \cdot \rho_{H5} \cdot \lambda_5 \cdot j_5}} \quad (1.34)$$

де \bar{M} – масова продуктивність компресора, яка визначена за заданими початковими даними, $\bar{M}_1 = 0,0218$ кг/с;

ρ_{H5} – густина газу на всмоктуванні в ступінь компресора, $\rho_{H5} = 50,14$ кг/м³;

λ_5 – коефіцієнт продуктивності ступеня, $\lambda_5 = 0,729$;

j_5 – число циліндрів ступеня, $j_5 = 1$

$$D_5' = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0218}{3,14 \cdot 0,09 \cdot 12,25 \cdot 50,14 \cdot 0,729 \cdot 1}} = 0,0264 \text{ (м)}$$

Вибираємо діаметр циліндра п'ятого ступеня $D_3 = 28$ мм.

Максимальні газові сили в першому ступені компресора

$$P_{MAX1} = P_{K1} \cdot F_{K1} - P_{H1} \cdot F_{B1} \quad (1.35)$$

де P_{K1} – тиск нагнітання першого ступеня, $P_{K1} = 0,41 \cdot 10^6$ Па;

F_{K1} – площа поршня ступеня;

P_{H1} – тиск всмоктування ступеня, $P_{H1} = 0,15 \cdot 10^6$ Па;

F_{B1} – площа поршня з боку вала ступеня

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$P_{MAX1} = P_{K1} \cdot \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} - P_{H1} \cdot \frac{\pi \cdot (D_1^2 - d_{ум}^2)}{4} =$$

$$= 0,41 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,14^2}{4} - 0,15 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,14^2 - 0,032^2)}{4} = 14,2 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$$

Умова $14,2 \cdot 10^3 = (0,9 \div 1,1) \cdot 16,0 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$ виконується, значить розрахунок виконано вірно.

Максимальні газові сили в другому та четвертому ступенях компресора

$$P_{MAX2-4} = P_{K4} \cdot \frac{\pi \cdot D_4^2}{4} + P_{H2} \cdot \frac{\pi \cdot (D_2^2 - D_4^2)}{4} - P_{H2} \cdot \frac{\pi \cdot (D_2^2 - d_{ум}^2)}{4} \quad (1.36)$$

де P_{K4} – тиск нагнітання четвертого ступеня, $P_{K4} = 8,55 \cdot 10^6 \text{ Па}$;

P_{H2} – тиск всмоктування другого ступеня, $P_{H2} = 0,41 \cdot 10^6 \text{ Па}$;

$$P_{MAX2-4} = 8,55 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,055^2}{4} + 0,41 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,13^2 - 0,055^2)}{4} -$$

$$- 0,41 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,055^2 - 0,032^2)}{4} = 16,5 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$$

Умова $16,5 \cdot 10^3 = (0,9 \div 1,1) \cdot 16,0 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$ виконується, значить розрахунок виконано вірно.

Максимальні газові сили в третьому та п'ятому ступенях компресора

$$P_{MAX3-5} = P_{K5} \cdot \frac{\pi \cdot D_5^2}{4} + P_{H3} \cdot \frac{\pi \cdot (D_3^2 - D_5^2)}{4} - P_{H3} \cdot \frac{\pi \cdot (D_3^2 - d_{шм}^2)}{4} \quad (1.37)$$

де P_{K5} – тиск нагнітання п'ятого ступеня, $P_{K5} = 23,52 \cdot 10^6$ Па;

P_{H3} – тиск всмоктування п'ятого ступеня, $P_{H3} = 1,13 \cdot 10^6$ Па;

$$P_{MAX3-5} = 23,52 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,028^2}{4} + 1,13 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,08^2 - 0,028^2)}{4} - 1,13 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,08^2 - 0,032^2)}{4} = 15,2 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$$

Умова $15,2 \cdot 10^3 = (0,9 \div 1,1) \cdot 16,0 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$ виконується, значить

розрахунок виконано вірно.

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

2 Вибір клапанів

Клапани є перекриваючими органи в газовому тракті циліндрів поршневого компресора, що складаються з запірних елементів, поміщених між сідлом і обмежувачем підйому. Клапани повинні забезпечувати: герметичність в закритому стані, мінімальний опір протіканню газів, малий обсяг мертвого простору, своєчасність відкриття і закриття. Для цього необхідно, щоб маси рухомих частин клапанів були якомога меншими, зусилля пружини оптимальним, а газодинаміка найбільш досконалою. Разом з тим клапани повинні бути взаємозамінні і довговічні.

Клапани є найбільш відповідальним елементом компресора, що визначає надійність і економічність їх роботи. Тому при проектуванні компресора особлива увага приділяється вибору раціонального типу клапанів і визначенню їх параметрів.

Вибір клапанів проводиться в залежності від величини $\Phi_{\text{екв}}$.

Для першої, другої і третьої ступенів приймаємо смугові клапани з пружним обмежувачем, для четвертої ступені - кільцеві комбіновані клапани, для п'ятому ступені - тарілчасті клапани.

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

3 Перевірочний розрахунок поршневого компресора

3.1 Визначаємо відношення тисків газу в циліндрах

$$P_{\text{ци}i} = \frac{P_{\text{Ки}} \cdot (1 + \epsilon_{2i})}{P_{\text{Hi}} \cdot (1 - \epsilon_{1i})} \quad (4.1)$$

де ϵ – відносні втрати тиску у всмоктувальних та нагнітальних клапанах,

$$\epsilon_{1I} = 0,05, \epsilon_{1II} = 0,04,$$

$$\epsilon_{2I} = 0,8 \cdot \epsilon_{1I} = 0,04, \epsilon_{2II} = 0,8 \cdot \epsilon_{1II} = 0,032;$$

$$\epsilon_{3I} = 0,8 \cdot \epsilon_{2I} = 0,032, \epsilon_{3II} = 0,8 \cdot \epsilon_{2II} = 0,026;$$

$$\epsilon_{4I} = 0,8 \cdot \epsilon_{3I} = 0,026, \epsilon_{4II} = 0,8 \cdot \epsilon_{3II} = 0,021;$$

$$\epsilon_{5I} = 0,8 \cdot \epsilon_{4I} = 0,021, \epsilon_{5II} = 0,8 \cdot \epsilon_{4II} = 0,017$$

$$P_{\text{циI}} = \frac{0,41 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,04)}{0,15 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,05)} = 2,99$$

$$P_{\text{циII}} = \frac{1,13 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,032)}{0,41 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,04)} = 2,96$$

$$P_{\text{циIII}} = \frac{3,11 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,026)}{1,13 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,032)} = 2,92$$

$$P_{\text{циIV}} = \frac{8,55 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,021)}{3,11 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,026)} = 2,88$$

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$\Pi_{\text{цв}} = \frac{23,52 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,017)}{8,55 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,021)} = 2,86$$

3.2 Значення величин A_{CI} та A_{PI} визначається за формулами

$$A_{\text{CI}} = \frac{n_I}{n_I - 1} \cdot \left[\Pi_{\text{цI}}^{\frac{n_I - 1}{n_I}} - 1 \right] = \frac{1,22}{1,22 - 1} \cdot \left[2,99^{\frac{1,22 - 1}{1,22}} - 1 \right] = 1,211$$

$$A_{\text{CII}} = \frac{n_{II}}{n_{II} - 1} \cdot \left[\Pi_{\text{цII}}^{\frac{n_{II} - 1}{n_{II}}} - 1 \right] = \frac{1,24}{1,24 - 1} \cdot \left[2,96^{\frac{1,24 - 1}{1,24}} - 1 \right] = 1,208$$

$$A_{\text{CIII}} = \frac{n_{III}}{n_{III} - 1} \cdot \left[\Pi_{\text{цIII}}^{\frac{n_{III} - 1}{n_{III}}} - 1 \right] = \frac{1,26}{1,26 - 1} \cdot \left[2,92^{\frac{1,26 - 1}{1,26}} - 1 \right] = 1,199$$

$$A_{\text{CIV}} = \frac{n_{IV}}{n_{IV} - 1} \cdot \left[\Pi_{\text{цIV}}^{\frac{n_{IV} - 1}{n_{IV}}} - 1 \right] = \frac{1,28}{1,28 - 1} \cdot \left[2,88^{\frac{1,28 - 1}{1,28}} - 1 \right] = 1,190$$

$$A_{\text{CV}} = \frac{n_V}{n_V - 1} \cdot \left[\Pi_{\text{цV}}^{\frac{n_V - 1}{n_V}} - 1 \right] = \frac{1,30}{1,30 - 1} \cdot \left[2,86^{\frac{1,30 - 1}{1,30}} - 1 \right] = 1,189$$

$$A_{\text{PI}} = \frac{m_I}{m_I - 1} \cdot \left[\Pi_{\text{цI}}^{\frac{m_I - 1}{m_I}} - 1 \right] = \frac{1,150}{1,150 - 1} \cdot \left[2,99^{\frac{1,150 - 1}{1,150}} - 1 \right] = 1,177$$

$$A_{\text{PII}} = \frac{m_{II}}{m_{II} - 1} \cdot \left[\Pi_{\text{цII}}^{\frac{m_{II} - 1}{m_{II}}} - 1 \right] = \frac{1,225}{1,225 - 1} \cdot \left[2,96^{\frac{1,225 - 1}{1,225}} - 1 \right] = 1,201$$

$$A_{P_{III}} = \frac{m_{III}}{m_{III} - 1} \cdot \left[\Pi_{\zeta_{III}}^{\frac{m_{III}-1}{m_{III}}} - 1 \right] = \frac{1,264}{1,264 - 1} \cdot \left[2,92^{\frac{1,264-1}{1,264}} - 1 \right] = 1,201$$

$$A_{P_{IV}} = \frac{m_{IV}}{m_{IV} - 1} \cdot \left[\Pi_{\zeta_{IV}}^{\frac{m_{IV}-1}{m_{IV}}} - 1 \right] = \frac{1,264}{1,264 - 1} \cdot \left[2,88^{\frac{1,264-1}{1,264}} - 1 \right] = 1,184$$

$$A_{P_V} = \frac{m_V}{m_V - 1} \cdot \left[\Pi_{\zeta_V}^{\frac{m_V-1}{m_V}} - 1 \right] = \frac{1,300}{1,300 - 1} \cdot \left[2,86^{\frac{1,300-1}{1,300}} - 1 \right] = 1,189$$

3.3 Індикаторна потужність компресора визначається за формулою

$$N_{Vi} = P_{Hi} \cdot (1 - \eta_i) \cdot \bar{V}_{hi} \cdot \left[(1 + a_i) \cdot A_{\zeta_i} - a_i \cdot \Pi_{\zeta_i}^{\frac{1}{m_i}} \cdot A_{Pi} \right] \quad (4.2)$$

де P_{Hi} – тиск на всмоктуванні, $P_{H1} = 0,15 \cdot 10^6$ Па, $P_{H2} = 0,41 \cdot 10^6$ Па, $P_{H3} = 1,13 \cdot 10^6$ Па, $P_{H4} = 3,11 \cdot 10^6$ Па, $P_{H5} = 8,55 \cdot 10^6$ Па;

\bar{V}_{hi} – секундна теоретична продуктивність ступеня;

a_i – дійсна величина мертвого об'єму ступеня (береться з креслення),

$a_1 = 0,1150$, $a_2 = 0,1880$, $a_3 = 0,2625$, $a_4 = 0,1425$, $a_5 = 0,1725$

$$\bar{V}'_{h1} = \frac{\bar{M}}{\rho_{H1} \cdot \lambda_1} = \frac{0,0218}{1,31 \cdot 0,745} = 0,0223 \text{ (м}^3/\text{с)}; \bar{V}''_{h1} = \frac{0,0178}{1,07 \cdot 0,745} = 0,0223 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

$$\bar{V}_{h2} = \frac{0,0218}{2,44 \cdot 0,684} = 0,0131 \text{ (м}^3/\text{с)}; \bar{V}_{h3} = \frac{0,0218}{6,70 \cdot 0,607} = 0,0054 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

$$\bar{V}_{h4} = \frac{0,0218}{18,43 \cdot 0,753} = 0,0016 \text{ (м}^3/\text{с)}; \bar{V}_{h5} = \frac{0,0218}{50,14 \cdot 0,729} = 0,0006 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

					ХКЗ 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$N_{И1} = 0,15 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,05) \cdot 0,0223 \cdot \left[(1 + 0,1150) \cdot 1,211 - 0,1150 \cdot 2,99^{\frac{1}{1,150}} \cdot 1,177 \right] = 3176 \text{ (Вт)}$$

$$N_{И2} = 0,41 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,04) \cdot 0,0131 \cdot \left[(1 + 0,1880) \cdot 1,208 - 0,1880 \cdot 2,96^{\frac{1}{1,225}} \cdot 1,201 \right] = 4576 \text{ (Вт)}$$

$$N_{И3} = 1,13 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,032) \cdot 0,0054 \cdot \left[(1 + 0,2625) \cdot 1,199 - 0,2625 \cdot 2,92^{\frac{1}{1,264}} \cdot 1,201 \right] = 4594 \text{ (Вт)}$$

$$N_{И4} = 3,11 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,026) \cdot 0,0016 \cdot \left[(1 + 0,1425) \cdot 1,190 - 0,1425 \cdot 2,88^{\frac{1}{1,264}} \cdot 1,189 \right] = 4693 \text{ (Вт)}$$

$$N_{И5} = 8,55 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,1725) \cdot 0,0006 \cdot \left[(1 + 0,1725) \cdot 1,189 - 0,1725 \cdot 2,86^{\frac{1}{1,300}} \cdot 1,189 \right] = 3964 \text{ (Вт)}$$

$$N_{ИК} = N_{И1} + N_{И2} + N_{И3} + N_{И4} + N_{И5} = 3176 + 4576 + 4594 + 4693 + 3964 = 21003 \text{ (Вт)}$$

3.4 Визначаємо потужність, споживану компресором

$$N_K = \frac{N_{ИК}}{\eta_{мех}} \quad (4.3)$$

де $\eta_{мех}$ – механічний коефіцієнт корисної дії компресора (за статистичними даними складає 0,85÷0,95 залежно від схеми компресора), приймаємо

$$\eta_{мех} = 0,90$$

$$N_K = \frac{21003}{0,90} = 23337 \text{ (Вт)}$$

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Ізотермний коефіцієнт корисної дії компресора

$$\eta_{из} = \frac{N_{из}}{N_K} \quad (4.4)$$

де $N_{из}$ – ізотермна потужність компресора

$$N_{из} = \sum_{i=1}^n N_{изi} = \sum_{i=1}^n \bar{M} \cdot R \cdot T_{Hi} \cdot \ln \Pi_{cmi} \quad (4.5)$$

$$N_{из} = 5 \cdot 0,0218 \cdot 457,84 \cdot 308 \cdot \ln 2,75 = 15550 \text{ (Дж)}$$

$$\eta_{из} = \frac{15550}{23337} = 0,67$$

					ХКЗ 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

4 Вибір приводу компресора

Двигун вибираємо по каталогах в залежності від номінальної потужності компресора і швидкості обертання валу компресора. Запас потужності становить 15-25%.

При потужності компресора 47773 Вт \approx 47,8 кВт вибираємо двигун асинхронний вибухозахищений, кліматичне виконання У2, призначений для приводів стаціонарних машин і механізмів вугільної, хімічної, газової, нафтової та інших галузей промисловості ([2], с. 205, додаток Б). Характеристика двигуна зведена в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика двигуна

Типорозмір двигуна	P, кВт	n_2 , об/хв	η , %	Напруга, В	$\cos\varphi$
2В280S8У2	55,0	900	92,4	380/660	0,83

5 Охорона праці

Відповідно до інструкції заводу-виготовлювача та іншими діючими нормативними документами, які стосуються техніки безпеки, підприємством-споживачем повинні бути розроблені інструкції з безпечної експлуатації та обслуговування кожної насосної і компресорної установки. Інструкції повинні бути затверджені головним інженером підприємства. Робітники, зайняті експлуатацією установок, повинні бути (під розписку) ознайомлені з вказаною інструкцією. Інструкція повинна висіти на видному місці. Суворе виконання всіх пунктів інструкції є гарантією безпечної експлуатації обладнання [3].

До самостійної роботи на насосних і компресорних установках допускаються особи не молодше 18 років, навчені за відповідною програмою і мають посвідчення кваліфікаційної комісії на право самостійної роботи.

Знання робочих з питань техніки безпеки та пожежної безпеки перевіряє комісія не рідше одного разу на рік. Особи, які не склали екзаменів з правил техніки безпеки та пожежної безпеки, усуваються від виконуваної роботи.

На робочих місцях персонал повинен перебувати в спецодязі з довгими рукавами (засукати рукава забороняється). Голову необхідно закрити головним убором. Промивання вузлів і деталей потрібно проводити в гумових рукавичках і фартуху.

У приміщенні машинного залу повинна знаходитися аптечка з перев'язочним матеріалом і медикаментами. Весь персонал зобов'язаний знати прийоми надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом та інших нещасних випадках.

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Без узгодження з інспекцією Держнаглядхоронпраці забороняється проводити будь-які зміни при удосконаленні, модернізації, а також при виконанні ремонтних і монтажних робіт.

Пуск в експлуатацію обладнання повинен проводитися тільки з дозволу місцевої інспекції Держгіртехнагляду.

Відповідальним за роботу обладнання після пуску є черговий машиніст. При роботі установки черговому машиністу слід пам'ятати, що причинами аварійних ситуацій можуть бути підвищення температури і тиску перекачується газу або рідини вище допустимих значень; іскроутворення в середовищі вибухонебезпечних сумішей; недоброякісність матеріалу; зношеність або недостатня міцність обладнання і апаратури; застосування не за призначенням арматури, судин і деталей обладнання при роботі під тиском; відсутність або вихід з ладу приладів і засобів контролю та автоматичного блокування; повітряні і гідравлічні удари; несправності в роботі мастильної системи і системи охолодження.

Аварійні ситуації можуть виникнути при наступних обставинах:

- низька якість монтажу і порушення правил експлуатації (наприклад порушення порядку та черговості операцій при пуску і зупинці);
- недбалість при контролі технічного стану і низька якість ремонтних робіт;
- наявність неліквідованих несправностей обладнання установки;
- тривала вібрація обладнання.

Крім дій, спрямованих на запобігання зазначених вище причин, здатних спричинити за собою аварійну ситуацію при роботі компресорних і насосних установок, необхідно виконувати наступні правила.

Перед кожним пуском машиніст зобов'язаний оглянути установку, переконатися в її справності, перевірити мастильну систему і систему охолодження, провести пуск відповідно до інструкції.

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

Забороняється залишати компресорні установки (крім повністю автоматизованих) без нагляду з боку обслуговуючого персоналу.

Кожну зміну необхідно контролювати лубрикатори витрата масла, регулярно проводити зовнішній огляд обладнання установки, обтірку і очищення зовнішніх поверхонь від пилу та бруду. Витікає пальне води, особливо попадання масла на фундамент, неприпустимі. Причина витоків повинна бути негайно усунена.

Як обтиральних матеріалів дозволяється застосовувати тільки бавовняні або лляні ганчірки.

Ремонт і очищення обладнання і трубопроводів, що знаходяться під тиском, забороняється.

При температурі в приміщеннях станції + 2°C з охолоджуючих систем непрацюючого обладнання повинна бути спущена охолоджуюча вода, а повітряні або інші газові порожнини ретельно продуті.

У приміщенні машинного залу компресорної установки забороняється зберігання бензину, гасу та інших легкозаймистих рідин.

На всій території компресорної установки курити забороняється.

На підлозі всіх приміщень установки не повинно бути калюж масла та інших рідин. Всі проходи і запасні виходи не повинні захаращуватися. Протипожежні засоби повинні бути у справному стані і бути розташовані на видних місцях.

Перед розбиранням компресора і розкриттям міжступенчатої апаратури повинні бути забезпечені наступні заходи безпеки [3, 4]:

- відключення компресора від діючих колекторів;
- повна відсутність надлишкового тиску в компресорі і міжступенчатом апаратурі;

- відсутність напруги в електрообладнанні і повне відключення від системи енергопостачання (на пусковому пристрої повинен бути вивішений плакат: "Не вмикати! Працюють люди»);

- установка заглушок на всмоктуючої і нагнітальної лініях, відключення продувних і пробовідбірних ліній у компресорів, що працюють на небезпечних і токсичних газах;

- підтвердження аналізом якості продувки компресора і межступенчатом апаратури;

- огороження ділянки роботи і всіх отворів;

- встановлення необхідних лісів і помостів.

Відключення всіх судин та іншого обладнання, що знаходиться під тиском, необхідно проводити двома послідовно встановленими засувками при наявності між ними дренажного пристрою (діаметром не менше 20 мм, що має пряме сполучення з атмосферою).

При розбиранні та ремонті устаткування необхідно, щоб інструмент був справним: гайкові ключі повинні відповідати розміру гайок і не мати спрацьованих країв; поверхню бойків, кувалд і молотків повинна бути гладкою, злегка випуклою, без косини, відколів, вибоїн і тріщин. Забороняється нарощування ключа трубою або іншим ключем, а також робота замасленими ключами.

При проведенні робіт у вибухонебезпечному приміщенні слід користуватися тільки неіскристого інструментом [5]. При обслуговуванні обладнання на висоті більше 1,8 м від рівня підлоги слід користуватися стаціонарними, знімними, відкидними площадками або драбинами.

Забороняється класти важкі деталі на край верстака, застосовувати неміцні підставки і ящики, класти інструмент на компресорний агрегат.

Деталі масою понад 50 кг потрібно переносити двом робітникам, найбільш безпечна перенесення на носилках або в підвішеному на ломик

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

стані. При перенесенні довгих труб на плечах робітники повинні розташовуватися з одного боку стерпного вантажу. Піднімати і опускати вантаж потрібно по команді відповідального за проведення робіт. Вузли та деталі масою більше 80 кг або піднімаються на висоту більше 3 м, повинні переміщатися тільки механізованим способом.

При ремонті устаткування необхідно мати на увазі, що найбільш небезпечними операціями є: рубка і обпилювання металу, роботи на точильних верстатах, роботи з електричним і пневматичним інструментом. Зазначені роботи виконуються тільки робітниками, які мають відповідну підготовку з дотриманням необхідних правил техніки безпеки [6-9].

При виконанні ремонтних робіт забороняється [10, 11]:

- ставати на бар'єри, запобіжні огороження, а також на трубопроводи та інші конструкції, не призначені для проходу по них;
- вести роботи на неостановленне обладнанні і механізмах, здійснювати чистку, обтірку, мастило і т. П., Що обертаються або рухаються машин і інструменту;
- вести ремонтні роботи без вжиття заходів проти помилкового включення обладнання в роботу;
- допускати захаращення проходів, проїздів і ремонтних майданчиків.

Перед внутрішнім оглядом, чищенням або ремонтом апаратів вони повинні бути надійно відключені від комунікацій, повністю звільнені від робочого продукту.

Під час робіт всередині апарату все люки повинні бути відкриті і весь апарат повинен безперервно вентилюватися.

Зовні апарату обов'язково повинен знаходитися напарник, який зобов'язаний постійно стежити за станом працюючого всередині апарату.

Роботи всередині апаратів можуть проводитися тільки з дозволу особи, відповідальної за безпечну експлуатацію, який повинен видавати спеціальний наряд, як на особливо небезпечні роботи. На апараті, що знаходиться в ремонті або чистці, повинен бути вивішений попереджувальний плакат.

Очищення апаратів випалюванням виробляти забороняється.

Роботи з кислотами, лугами, їдкими та отруйними речовинами і роботи по зняттю теплоізоляційних покриттів також відносяться до небезпечних. Їх можуть проводити тільки робочі, які пройшли відповідний інструктаж.

					<i>ХКз 01.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38

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».

					ХКз 01.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39