

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Компресори, пневмоагрегати та вакуумна техніка»
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»
на тему «Розробка уніфікованого ряду
повітродувок»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Завідувач кафедри

С. М. Ванєєв

Керівник роботи

Г. А. Бондаренко

Консультант з охорони праці

С. В. Сидоренко

Здобувач

В. М. Тертишний

З М І С Т

с.

ВСТУП.....	4
1 МЕТОДИКА УНІФІКАЦІЇ ВІДЦЕНТРОВИХ КОМПРЕСОРНИХ МАШИН.....	8
1.1 Процедура уніфікації.....	8
1.2 Технічна характеристика.....	8
1.3 Методика уніфікації.....	10
2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПОВІТРОДУВОК. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПОВІТРОДУВКИ.....	11
2.1 Опис та порівняльна оцінка повітродувок	11
2.2 Конструктивні відмінності.....	15
3 ГАЗОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК БАЗОВОГО ВАРІАНТУ	17
3.1 Початкові дані.....	17
3.2 Схема проточної частини	18
3.3 Визначення основних розрахункових величин.....	18
3.4 Розрахунок робочого колеса	20
3.5 Споживана потужність	24
3.6 Розрахунок соосної збірної камери круглого перерізу	25
4 РОЗРАХУНОК ВИТІКАНЬ ЧЕРЕЗ УЩІЛЬНЕННЯ ПОВІТРОДУВОК	27
5 РОЗРАХУНОК ОСЬОВОЇ СИЛИ.....	28
5.1 Початкові дані для розрахунку	29
5.2 Результати розрахунку.....	29
6 РОЗРАХУНОК КРИТИЧНОГО ЧИСЛА ОБЕРТІВ РОТОРА.....	30
6.1 Початкові дані (рис. 7).....	30
6.2 Перша критична частота обертання ротора	30
7 РОЗРАХУНОК ПІДШИПНИКІВ НА ЇХ ДОВГОВІЧНІСТЬ	32
8 УНІФІКАЦІЯ МОДЕЛЬНОГО РЯДУ ПОВІТРОДУВОК	33

					КМ 08.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Тертишний				Розробка уніфікованого ряду повітродувок	Літ.	Лист	Листів
Перев.	Бондаренко					2	55	
Н. контр.	Шарапов					СумДУ, К.м-91		
Затв.	Ванєєв							

9 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ГАЗОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ПОВІТРОДУВКИ	36
9.1 Інтерфейс програми	36
9.2 Текст програми.....	37
10 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
10.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів компресорного виробництва	41
10.2 Вибухонебезпека (ГОСТ 12.1.010-76 «Вибухонебезпека. Загальні вимоги»).....	42
10.3 Пожежонебезпека (ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги»)	44
10.4 Ураження електричним струмом [13, 14]	45
10.5 Шум при роботі агрегату [9, 10]	46
10.6 Вібрація регламентуються ГОСТ 12.1.012-96 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги» [11, 12].....	48
10.7 Запобіжні пристрої від підвищення тиску ГОСТ 12.2.085-2002. «Посудини, що працюють під тиском. Клапани запобіжні. Вимоги безпеки».....	49
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	55

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Повітродувка (рис. 1) – це агрегат, призначений для переміщення повітря і газів, що споживає енергію від приводу (наприклад, електродвигун) і передає її робочому тілу [4]. Як правило, на вході і на виході повітродувки тиск повітря різний, що забезпечує переміщення повітря і передачу йому енергії.

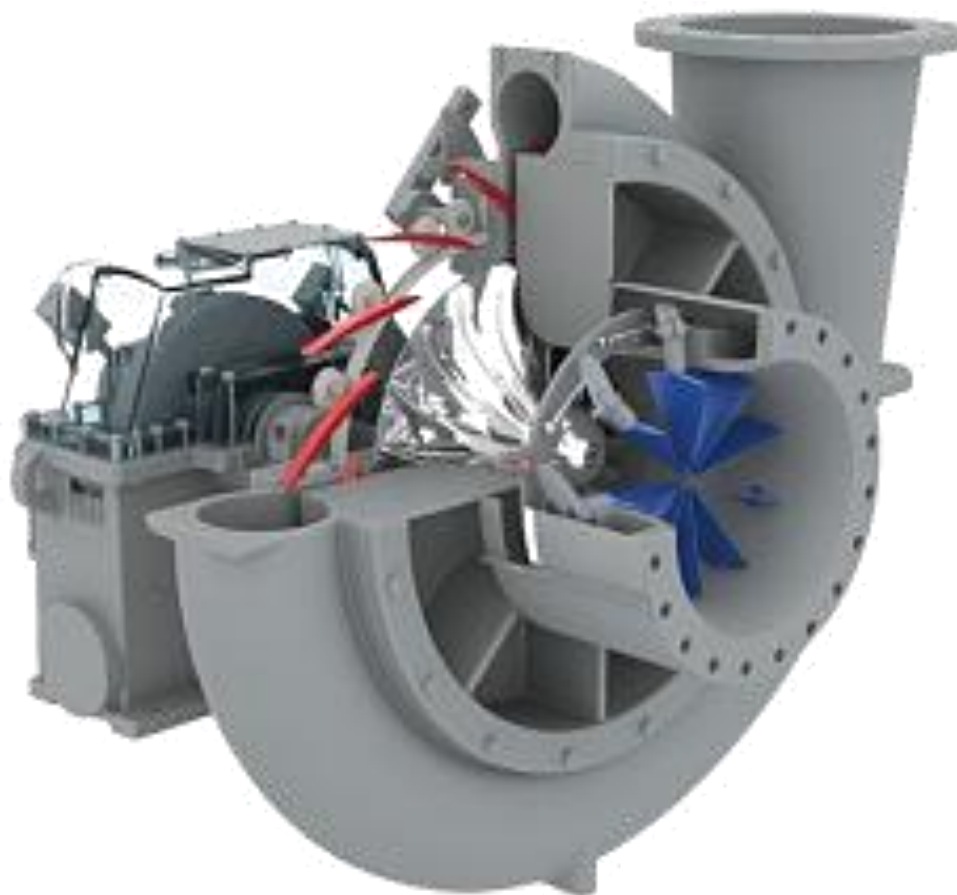


Рис. 1 – Турбоповітродувка. Загальний вигляд

Повітродувка зазвичай складається з корпусу, в якому є робочий орган (два ротора), закритий з двох сторін кришками з масляними картерами. У картерах розташовуються шестерні, підшипники, спеціальні диски з функцією розбризкування масла і т. д.

Також повітродувка може представляти із себе компресійний агрегат, в який входить сама повітродувка, два глушника на вході і виході, двигун,

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

трансмiсія (шків, ременi), пiдстава (де всi перерахованi складовi монтуються), реле, датчики, клапани, шумопоглинаючий кожух i т. д.

Повiтродувки застосовуються в рiзних галузях промисловостi. Перелiчимо основнi:

1. Пневматичне транспортування. Пiд цю категорiю потрапляють всi пiдприємства, яким потрiбно транспортувати якийсь сипучий продукт на певну вiдстань (цемент, борошно, зерна, дерев'яна стружка i т. д.)

2. Аерацiя води, тобто очищення води i насичення її киснем. В процесi нагнiтання повiтря за допомогою повiтродувки в водi починають розмножуватися аеробнi бактерii, якi сприяють видаленню бруду з водою. Цей процес використовується в очисних спорудах, водоймах, водоканалах, рибних господарствах i т. д.

3. Створення розрiдженого повiтря або вакууму. В основному цей процес необхідний для процесiв осушення, випарювання i т. д. Наприклад, застосовується в паперовiй промисловостi для висушування картону або iнших продуктiв обробки деревини. Або в текстильнiй промисловостi для випарювання з емностi з матерiалом.

4. Спалювання повiтря. Тут вiдбувається подача повiтря в пальники, доменнi печi, топки котлiв та iнше обладнання для пiдтримки процесу горiння.

5. Також повiтродувки можна використовувати для аспiрацiї пилу; провiтрювання шахт, рудникiв, громадських будiвель; подачi стисненого повiтря для пневмоiнструменту, формувальних машин, повiтряних молотiв i багато iншого.

Не дивлячись на конструктивнi вiдмiнностi, якi пов'язанi з технологiчними можливостями пiдприємств-виробникiв вiдцентрових компресорiв, принципи унiфікацiї є загальними для всiх [8].

Основним принципом унiфікацiї є агрегування. Функцiонально вiдокремленi агрегати та вузли – корпуси, мультиплiкатори, агрегати змащування та ущiльнення, газоохолоджувачi та з'єднувальнi муфти –

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Пiдпис	Дата		

утворюють типорозмірні ряди першого порядку, з яких складаються відцентрові компресори. Основні параметри агрегатів вибрані таким чином, щоб при обмеженій кількості типорозмірів агрегатів безперервно покривати діапазони їх застосування.

Агрегати першого ряду складаються з нормалізованих та стандартизованих вузлів другого порядку, які також являють собою типорозмірні ряди уніфікованих елементів. Це підшипники, робочі колеса, фільтри, маслоохолоджувачі, маслонасоси, елементи комунікацій тощо.

Таке чітке розділення відцентрових компресорів на функціонально відокремлені компоненти дають можливість періодичного удосконалення агрегатів та вузлів незалежно один від одного. Модернізації відбуваються по мірі накопичення науково-технічних доробок, т. як без цього неможливо було б підтримувати високий технічний рівень відцентрових компресорів протягом тривалого часу. Основною умовою при модернізації являється незмінність значень головних параметрів, що забезпечує подальше застосування у виробництві та взаємозамінність у експлуатації.

Базові уніфіковані корпуси (бази) застосовуються двох видів: бази подібно розмірного ряду з горизонтальним роз'ємом корпусу для тисків нагнітання менше 4-6 МПа і бази подібно розмірного ряду з вертикальним роз'ємом корпусу для тисків нагнітання більше 3 МПа.

З метою раціонального покриття поля «тиск нагнітання – продуктивність», витрати базових корпусів утворюють прогресію зі знаменником q_v , значення якого у різних виробників знаходяться у діапазоні 1,4-1,6. У більшості відцентрових компресорів прийнято ряд витрат $V = 40; 63; 100; 250 \text{ м}^3/\text{хв}$ і т. д. з коефіцієнтом $q_v = 1,6$. Відповідно ряд діаметрів робочих колес D_2 має знаменник $q_D = 1,26$.

Відмітимо, що при менших значеннях q_v дещо зменшується металоємність базових корпусів. Однак, збільшуються витрати металу на технологічне оснащення та загальні трудові витрати.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Базові корпуси складаються зі стандартизованих циліндрів та газодинамічних вузлів, що включають в себе ротор і статорну проточну частину.

Газодинамічні вузли набираються з уніфікованих ступенів – модулів, що утворюють для кожного конкретного відцентрового компресора індивідуальний комплект.

У всіх базових корпусах, які випускаються одним і тим самим виробником, можуть застосовуватися ступені – модулі одного ряду, що з точки зору уніфікації є найкращим рішенням.

При використанні системи проектування відцентрових компресорів на основі уніфікації скорочується номенклатура та підвищується серійність деталей вузлів.

Слід зазначити, що у зв'язку з скороченням об'єму заказів, зростанням цін на метали, електроенергію та інші енергоносії за останні роки спостерігається часткове повернення до системи індивідуального проектування з використанням елементів уніфікації з метою зменшення металоємності і підвищення ККД компресорів.

Мета даної роботи – уніфікація базового ряду одноступеневих повітродувок.

За базовий варіант вибрано повітродувку, яка працює у діапазоні продуктивностей 150-250 м³/хв та має напір 1,08-1,14 МПа.

Для вирішення поставленої мети сформульовані наступні **завдання**:

1. Розрахунково-конструкторський аналіз базової повітродувки.
2. Розробка конструктивних рішень по уніфікації збірної камери та вала.
3. Вибір основних розмірів уніфікованих робочих колес на основі газодинамічного аналізу.
4. Розробка програмного забезпечення газодинамічного розрахунку повітродувки та її верифікація, шляхом порівняння з відомими даними.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 МЕТОДИКА УНІФІКАЦІЇ ВІДЦЕНТРОВИХ КОМПРЕСОРНИХ МАШИН

1.1 Процедура уніфікації

Згідно прийнятим в практиці положенням по уніфікації компресорних машин в загальному випадку проводиться уніфікація в декілька рівнів.

Табл. 1.1 – Рівні уніфікації компресорних машин

Рівень	Об`єкт уніфікації
Поагрегатний	Привід
	Мультиплікатор
	Агрегат маслозабезпечення
	Система КВПіА
Повузловий	Корпус зовнішній
	Корпус внутрішній
	Кільцеві ущільнення
	Опорно – упорний підшипник
	Опорний підшипник
	З`єднувальна муфта
	Рама
Подетальний	Вал
	Робоче колесо
	Думіс
	Діафрагма

Застосуємо такий підхід для уніфікації базового варіанта – одноступінчастої відцентрової повітродувки. В якості базового варіанта прийнята повітродувка ТВ-200-1,12.

1.2 Технічна характеристика

Продуктивність за умовами всмоктування

$(P_H = 1 \text{ кгс/см}^2, T_H = 20^\circ\text{C}), \text{ м}^3/\text{с} (\text{м}^3/\text{хв.})$	3,33 (200)
Кінцевий тиск, МПа (кгс/см ²)	0,114 (1,14)
Початковий тиск, МПа (кгс/см ²)	0,1 (1,0)
Початкова температура, К (°C)	293 (20)

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Споживана потужність при номінальному

режимі ($V = 200 \text{ м}^3/\text{хв.}$, $P_k = 1,14 \text{ кгс/см}^2$,

$P_n = 1 \text{ кгс/см}^2$, $T_n = 20^\circ\text{C}$), кВт

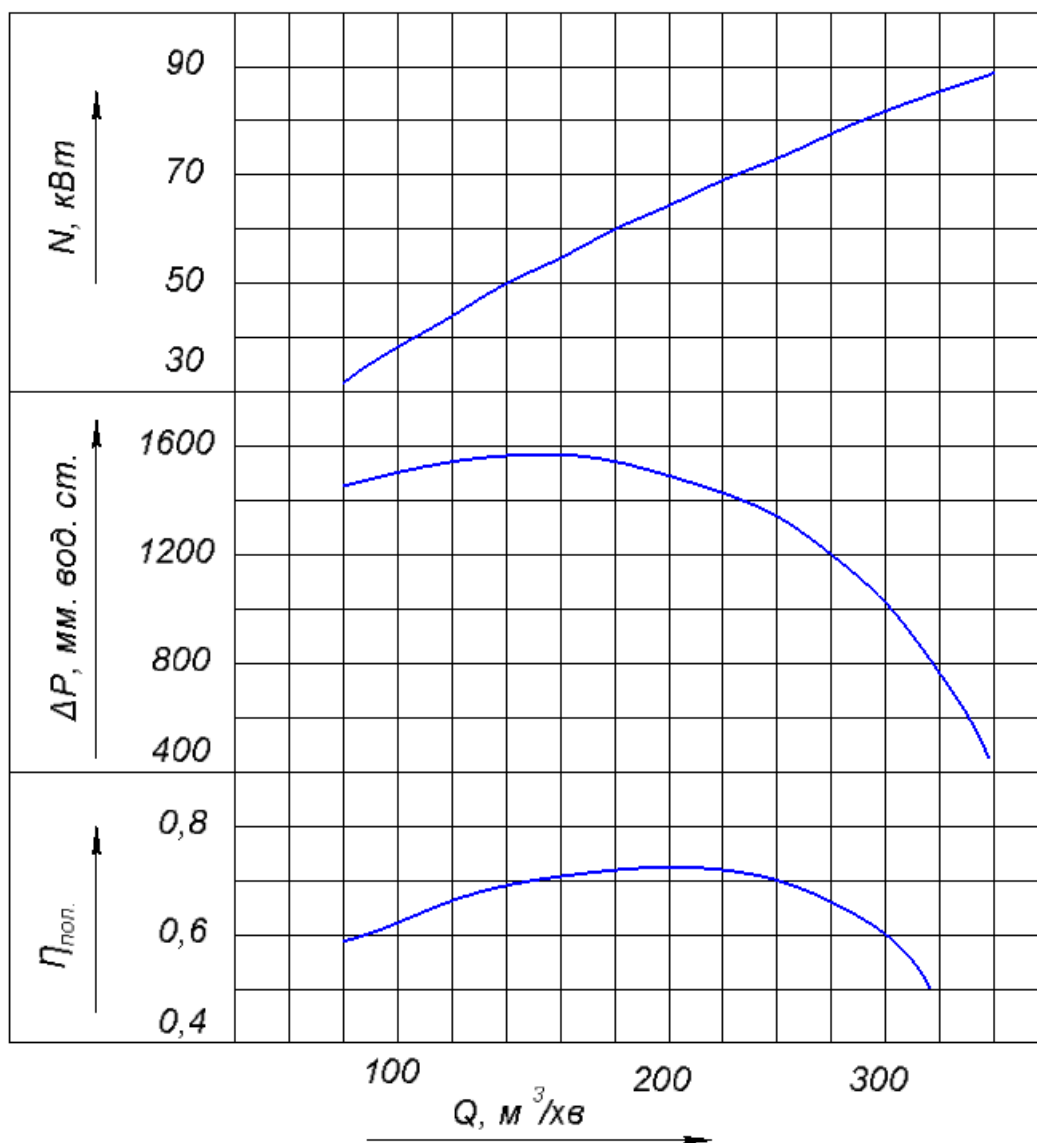
$56 \pm 3\%$

Частота обертання ротора, с^{-1} , (об/хв.)

49,17 (2950)

Привід

електродвигун



Характеристика повітродувки ТВ-200-1,12

при роботі за умовами всмоктування:

$P_n = 1 \text{ кгс/см}^2$, $T_n = 20^\circ\text{C}$

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Методика уніфікації

Згідно з рівнями уніфікації зазначеними в табл. 1.1 уніфікація базового варіанту як більш простого випадку виконання компресорної машини приведено в табл. 1.2.

Табл. 1.2 – Рівні уніфікації базового варіанта ТВ-200-1,12

Рівень	Об'єкт уніфікації
Поагрегатний	Привід
	Система КВПіА
Повузловий	Корпус зовнішній
	Корпус внутрішній
	Опорно – упорний підшипник
	Опорний підшипник
	З'єднувальна муфта
Подетальний	Вал

2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПОВІТРОДУВОК. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПОВІТРОДУВКИ

2.1 Опис та порівняльна оцінка повітродувок

На етапі технічної пропозиції при виборі оптимального варіанту виконання повітродувки розглядалися три варіанти повітродувок:

Повітродувка ТВ-200-1,12, яку випускає у наш час завод «Узбекхіммаш», м. Чирчик;

Модернізована повітродувка ТВ-200-1,12 М зі збірною камерою круглого перерізу.

Модернізована повітродувка ТВ-200-1,12 М зі спіральною камерою, повернутою набік.

Кожна з цих машин являє собою єдиний агрегат (рис. 2.1), який складається з повітродувки та привідного електродвигуна, що змонтовані на єдиній фундаментній плиті. Крутний момент від ротора двигуна до ротора повітродувки передається через пружну втулково-пальцеву муфту. Сама повітродувка – одноступенева з горизонтальним розташуванням ротора, консольна (рис. 2.2). Вхід повітря у робоче колесо – осьовий, нагнітальний патрубок направлений вгору.

Ротор складається з валу, зварного робочого колеса, закріпленого на валу за допомогою шпонки та гайки обтічної форми. Опорами валу слугують підшипники кочення, які розташовані у чавунному корпусі.

Для зменшення протікань повітря, робоче колесо та вал на виході зі збірної камери ущільнюються щілинними ущільненнями.

Техніко-економічні показники цих повітродувок наведені у табл. 2.1.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

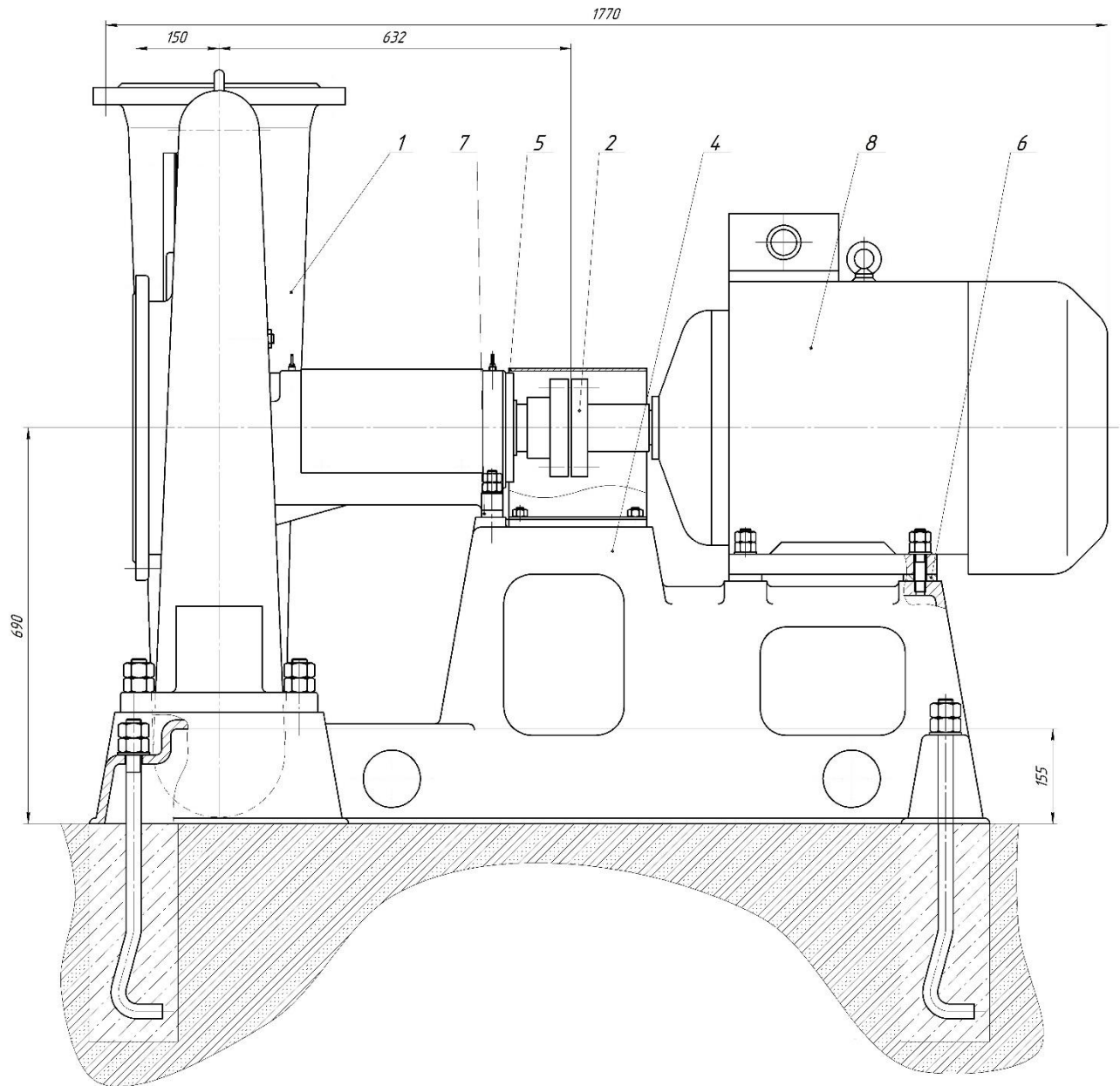


Рис. 2.1 – Повітродувка ТВ-200-1,12 М (агрегат)

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

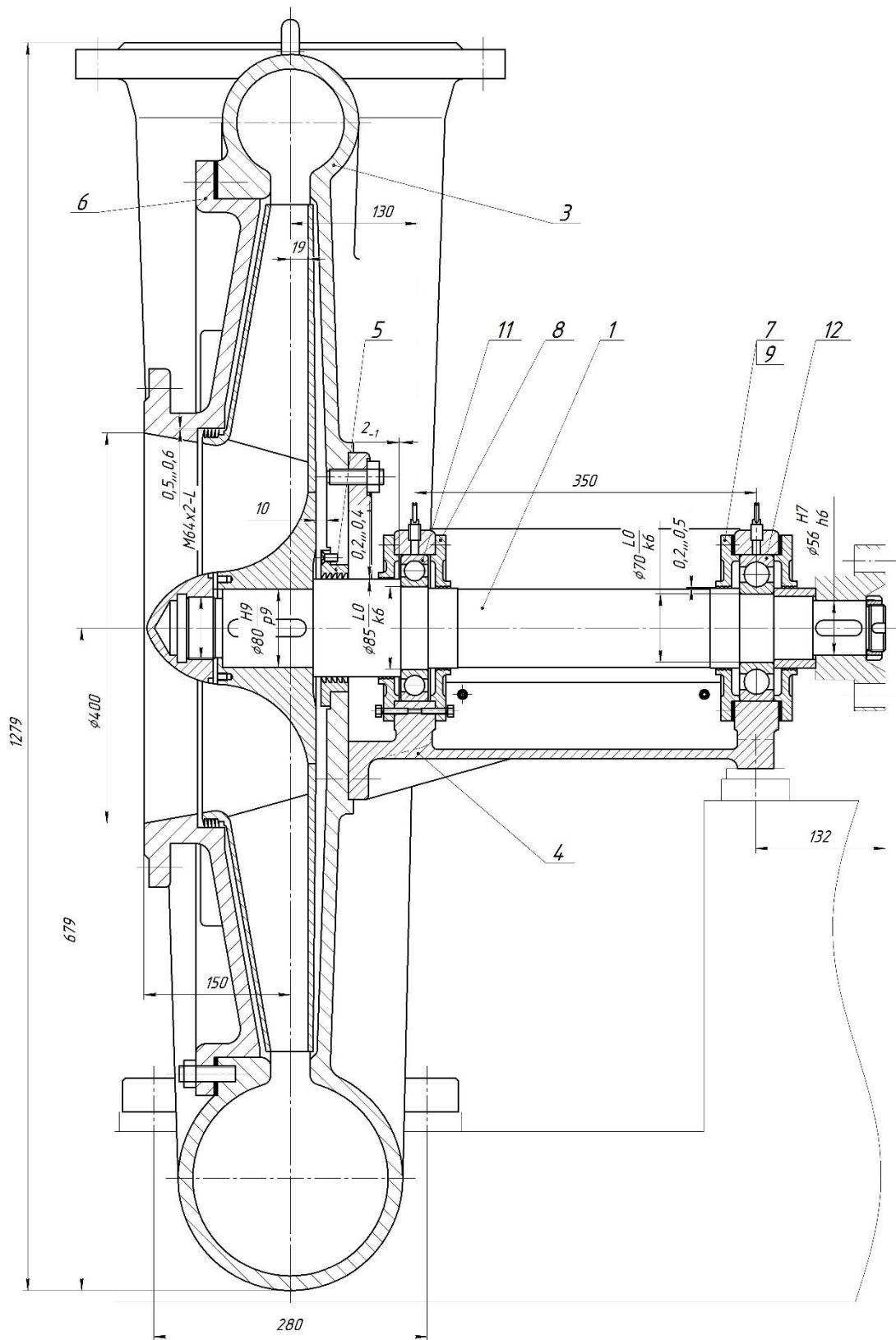


Рис. 2.2 – Повітродувка

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

Табл. 2.1 – Техніко-економічні показники повітродувок

Показники повітродувок	Повітродувка		
	ТВ-200-1,12 «Узбекхіммаш»	ТВ-200-1,12 М (круглий переріз камери)	ТВ-200-1,12 М (спіральна камера, повернута набік)
Продуктивність за умовами всмоктування, м ³ /хв.	200		
Початковий тиск, МПа (кгс/см ²)	0,1 (1,0)		
Кінцевий тиск, МПа (кгс/см ²)	0,114 (1,14)		
Споживана потужність, кВт	59; 64	56	58
Маса агрегату, кг	1950	1520	
Габарити установки:			
довжина, мм	2102	1780	1780
ширина, мм	1425	1436	1436
висота, мм	1465	1290	1290
Питома потужність установки кВт/м ³ /хв.	0,295; 0,320*	0,280	0,290
Питома металоємність установки, кг/м ³ /хв.	9,75	7,6	
Питома площа установки, м ² /м ³ /хв.	0,015	0,013	
Ресурс до першого капітального ремонту, год.	50000		
Гарантійне напрацювання, год.	3000	3500	

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

2.2 Конструктивні відмінності

З табл. 2.1 видно, що пропоновані 2-й та 3-й варіанти повітродувок більш компактні, площа, яку вони займають на 14% (0,5 м²) менше, маса агрегату менше на 22%, тобто на 430 кг, але, що найбільш важливо, це показник за споживаною потужністю, який у 2-му варіанті на 8 кВт менше (12%), ніж у повітродувці ТВ-100-1,12, яка випускається заводом «Узбекхіммаш». Економічний ефект тільки за цим показником складає 186 тис. руб./рік.

У модернізованих повітродувках ТВ-200-1,12 М, на відміну від повітродувки ТВ-200-1,12, «розвантажувальні» отвори не застосовуються, не застосовуються також додаткові розвантажувальні пристрої, через незначні осьові сили (див. розділ 7), що дозволяє обмежитися замиканням осьового зусилля на шариковий підшипник.

У повітродувках ТВ-200-1,12 М опорами ротора слугують два шарикопідшипника, довговічність яких практично рівна (табл. 7.1), тоді як у повітродувці ТВ-200-1,12 один підшипник шариковий, другий роликівий, довговічність якого більш ніж у 10 разів перевищує довговічність шарикопідшипника (табл. 7.1), що не оправдано.

Для більш технологічного складання агрегату у модернізованих повітродувках (рис. 2.2), корпус підшипників кріпиться до плити двома шпильками замість чотирьох, що дозволяє полегшити підгонку підкладок під опорні лапи корпусу підшипника.

Ротор повітродувки на вході в колесо та на виході валу зі збірної камери ущільнюється лабіринтними ущільненнями. Розрахунки показують (див. табл. 4.1), що незначні конструктивні зміни їх, в порівнянні з ущільненнями повітродувки ТВ-200-1,12, дають позитивний ефект.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

З вищевикладеного витікає наступний висновок: з трьох варіантів повітродувки найбільш економічним, найбільш компактним є 2-й варіант повітродувки зі збірною камерою круглого перерізу. При подальшому проектуванні повітродувки буде розглядатися тільки 2-й варіант.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ГАЗОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК БАЗОВОГО ВАРІАНТУ

3.1 Початкові дані

Дана робота має на меті розрахунок основних газодинамічних параметрів та конструктивних розмірів повітродувки з наступною механічною характеристикою:

продуктивність за умовами всмоктування

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$ ($\text{м}^3/\text{год.}$) 3,33 (12000)

початковий тиск $P_n, \text{ МПа}$ ($\text{кгс}/\text{см}^2$) 0,1 (1,0)

кінцевий тиск $P_k, \text{ МПа}$ ($\text{кгс}/\text{см}^2$) 0,114 (1,14)

початкова температура $t_n, \text{ К}$ ($^{\circ}\text{C}$) 293 (20)

частота обертання ротора $n, \text{ с}^{-1}$, (об/хв.) 49,17 (2950)

число ступенів I

перекачуване середовище повітря

показник адіабати k 1,4

газова стала для повітря $R, \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ 287

схема розташування основних розрахункових

перерізів по проточній частині представлена на рис. 3.1.

3.2 Схема проточної частини

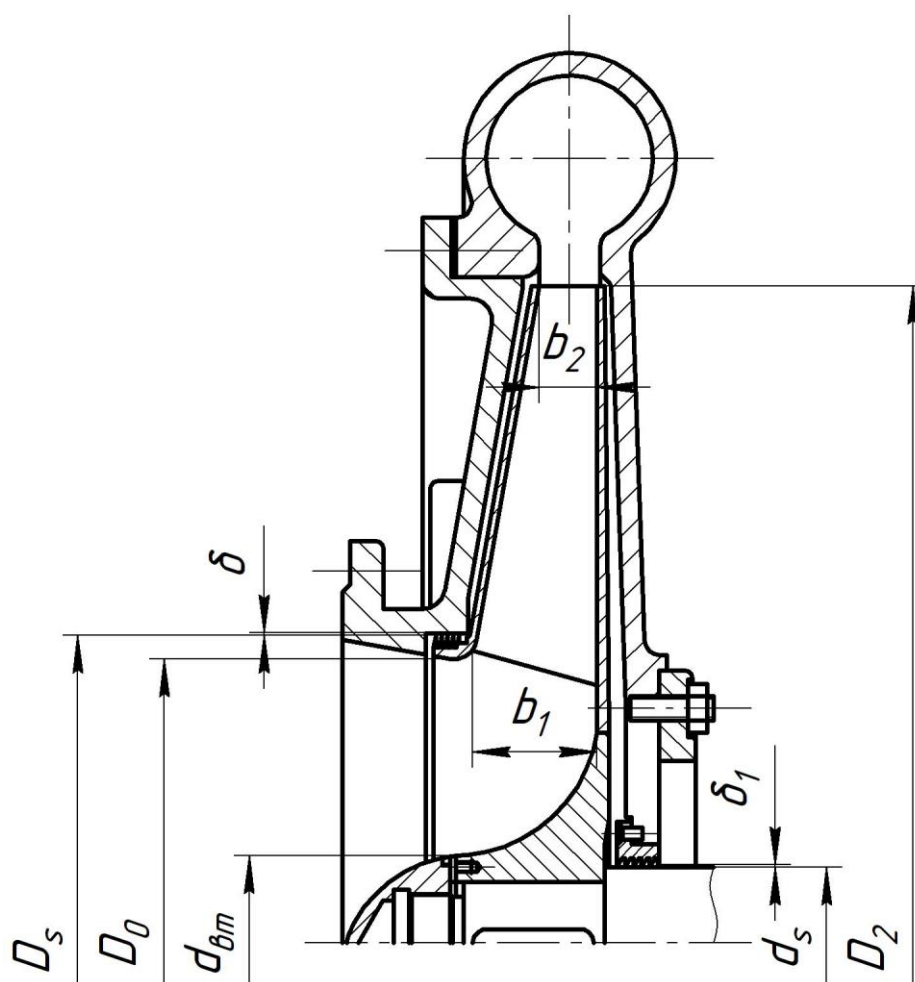


Рис. 3.1 – Схема проточної частини повітродувки

3.3 Визначення основних розрахункових величин

Приймаємо політропний КПД $\eta_{пол} = 0,8$.

Виходячи з цього число, що характеризує показник політропи:

$$\sigma = \frac{k}{k-1} \cdot \eta_{пол} = \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 0,8 = 2,8, \quad (1)$$

де k – показник адіабати.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Ступінь підвищення тиску:

$$\varepsilon = \frac{P_{\kappa}}{P_{\eta}} = \frac{1,14}{1} = 1,14. \quad (2)$$

Політропний приріст температури повітря у процесі стиснення:

$$\Delta t_{\text{пол}} = T_{\eta} \cdot \left(\varepsilon^{\frac{1}{\sigma}} - 1 \right) = 293 \cdot \left(1,14^{\frac{1}{2,8}} - 1 \right) = 14^{\circ}. \quad (3)$$

Ефективний напір:

$$H_{\text{эф}} = \sigma \cdot \Delta t_{\text{пол}} \cdot R = 2,8 \cdot 14 \cdot 29,3 = 1148,56 (\text{кгм/кг}). \quad (4)$$

Адіабатний напір:

$$H = R \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \Delta t_{\text{пол}} = 29,3 \cdot \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 14 = 1435,7 (\text{кгм/кг}). \quad (5)$$

Густина повітря за умовами всмоктування:

$$\rho_{\eta} = 1,166 (\text{кг/м}^3).$$

Об'ємний секундний напір:

$$Q_c = \frac{12000}{3600} (\text{м}^3/\text{с}). \quad (6)$$

Секундний напір

$$G_c = \rho_{\eta} \cdot Q_c = 1,166 \cdot 3,33 = 3,886 (\text{кг/с}). \quad (7)$$

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Розрахунок робочого колеса

Кут виходу лопаток приймаємо $\beta_{2,l} = 60^0$.

Коефіцієнт витрати приймаємо $\varphi_{r2} = 0,23$.

Число лопаток приймаємо $z_2/z_1 = 24/12$.

Поправка на кінцеве число лопаток:

$$k_z = 1 - \frac{\pi}{z_2} \cdot \sin \beta_{2,l} = 1 - \frac{\pi}{24} \cdot \sin 60^0 = 0,887. \quad (8)$$

Коефіцієнт закручування:

$$\varphi_{u2} = k_z - \varphi_{r2} \cdot \operatorname{ctg} \beta_{2,l} = 0,887 - 0,23 \cdot \operatorname{ctg} 60^0 = 0,753. \quad (9)$$

Напірний КПД:

$$\eta_n = \eta_{\text{нол}} \cdot (1 + \beta_{mp} + \beta_{np}) = 0,8 \cdot 1,035 = 0,828. \quad (10)$$

Приймаємо $(1 + \beta_{mp} + \beta_{np}) = 1,035$.

Коефіцієнт напору:

$$\psi = \eta_n \cdot \varphi_{u2} = 0,828 \cdot 0,753 = 0,6235. \quad (11)$$

Колова швидкість:

$$U_2 = \sqrt{\frac{g \cdot H_{\text{еф}}}{x \cdot \psi}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 1148,56}{1 \cdot 0,6235}} = 134,14 (\text{м/с}). \quad (12)$$

Зовнішній діаметр колеса:

$$D_2 = \frac{60 \cdot U_2}{\pi \cdot n} = \frac{60 \cdot 134,14}{\pi \cdot 2950} = 0,87 (\text{м}). \quad (13)$$

Приймаємо $D_2 = 870$ мм.

При цьому

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 870 \cdot 2950}{60 \cdot 1000} = 134,38 (\text{м/с}). \quad (14)$$

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр всмоктувального отвору:

$$D_{0\min}^2 = d_{em}^2 + \sqrt[3]{\left(\frac{34,4 \cdot Q \cdot k'_c}{k_D \cdot \tau_1 \cdot k_{v1} \cdot n}\right)^2} =$$
$$= 0,112^2 + \sqrt[3]{\left(\frac{34,4 \cdot 3,33 \cdot 1,05}{1,06 \cdot 0,95 \cdot 0,996 \cdot 2950}\right)^2} = 0,1305(\text{м}) \quad (15)$$

$D_{0\min} = 362$ мм. Приймаємо $D_0 = 375$ мм,

де $d_{em} = 0,112$

$$k'_c = 1,05$$

$$k_D = 1,06$$

$$\tau_1 = 0,95$$

$$k_{v1} = 1,996.$$

Діаметр входу потоку на допатки:

$$D_1 = 1,06 \cdot D_0 = 1,06 \cdot 375 = 397,5(\text{мм}). \quad (16)$$

Приймаємо $D_1 = 400$ мм.

Площа вхідного отвору колеса:

$$F_0 = \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - d_{em}^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (0,375^2 - 0,112^2) = 0,1006(\text{м}^2). \quad (17)$$

Швидкість підводу потоку до робочого колеса:

$$C_0 = \frac{Q_c}{F_0 \cdot k_{v1}} = \frac{3,33}{0,1006 \cdot 0,996} = 33,23(\text{м/с}). \quad (18)$$

Швидкість входу потоку на лопатки:

$$C_1 = C_{r1} = \frac{C_0 \cdot k'_c}{\tau_1} = \frac{33,23 \cdot 1,05}{0,996} = 36,727(\text{м/с}). \quad (19)$$

Кут входу потоку на лопатки:

$$\text{tg } \beta'_1 = \frac{C_{r1}}{U_1} = \frac{36,727}{61,8} = 0,59430. \quad (20)$$

$$\beta'_1 = 30^\circ 43'.$$

$$\text{де } U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 400 \cdot 2950}{60} = 61,8(\text{м/с}). \quad (21)$$

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $\beta_{1,n} = 32^\circ$.

Відносна швидкість входу потоку на лопатки:

$$W_1 = \frac{C_{r1}}{\sin \beta_{1,n}} = \frac{36,727}{\sin 32^\circ} = 69,3 \text{ (м/с)}. \quad (22)$$

Радіальна складова абсолютної швидкості на виході з колеса:

$$C_{r2} = \varphi_{r2} \cdot U_2 = 0,23 \cdot 134,14 = 30,85 \text{ (м/с)}. \quad (23)$$

Колова складова абсолютної швидкості на виході з колеса:

$$C_{u2} = \varphi_{u2} \cdot U_2 = 0,753 \cdot 134,14 = 109,19 \text{ (м/с)}. \quad (24)$$

Відносна швидкість на виході з колеса:

$$W_2 = \sqrt{C_{r2}^2 + (U_2 - C_{u2})^2} = \sqrt{30,85^2 + (134,14 - 109,19)^2} = 45,5 \text{ (м/с)}. \quad (25)$$

Абсолютна швидкість потоку на виході з колеса:

$$C_2 = \frac{C_{r2}}{\sin \alpha_2} = \frac{30,85}{\sin 17^\circ} = 105,5 \text{ (м/с)}. \quad (26)$$

Підвищення температури на виході з колеса:

$$\Delta t_2 = \frac{1}{\frac{k}{k-1} \cdot R} \cdot \left(\frac{H_{ef}}{\eta_{нол}} - \frac{C_2^2}{2 \cdot g} \right) = \frac{1}{\frac{1,4}{1,4-1} \cdot 29,3} \cdot \left(\frac{1148,56}{0,8} - \frac{105,5^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 8,5^\circ. \quad (27)$$

Абсолютний кут виходу потоку з колеса:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\varphi_{r2}}{\varphi_{u2}} = \frac{0,23}{0,753} = 0,30544. \quad (28)$$

$$\alpha_2 = 17^\circ.$$

Коефіцієнт зміни питомого об'єму повітря на виході з колеса:

$$\lg k_{v2} = (\sigma - 1) \cdot \lg \left(1 + \frac{\Delta t_2}{T_n} \right) = (2,8 - 1) \cdot \lg \left(1 + \frac{8,5}{293} \right) = 0,0223. \quad (29)$$

$$k_{v2} = 1,053$$

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищення температури на вході до колеса:

$$\Delta t_1 = \frac{C_{r1}^2}{2 \cdot g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot R} = \frac{36,727^2}{2 \cdot 9,81 \cdot \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 29,3} = -0,664^0. \quad (30)$$

Коефіцієнт зміни питомого об'єму повітря на вході до колеса:

$$\lg k_{v1} = (\sigma - 1) \cdot \lg \left(1 + \frac{\Delta t_1}{T_n} \right) = (2,8 - 1) \cdot \lg \left(1 + \frac{0,664}{293} \right) = 1,9984. \quad (31)$$

$$k_{v1} = 0,996$$

Коефіцієнт стиснення на вході до колеса:

$$\tau_1 = 1 - \frac{z_1 \cdot \delta_m}{\pi \cdot D_1 \cdot \sin \beta_{1л}} = 1 - \frac{12 \cdot 3}{\pi \cdot 400 \cdot \sin 32^0} = 0,94. \quad (32)$$

Коефіцієнт стиснення на виході з колеса:

$$\tau_2 = 1 - \frac{z_2 \cdot \delta_m}{\pi \cdot D_2 \cdot \sin \beta_{2л}} = 1 - \frac{24 \cdot 3}{\pi \cdot 870 \cdot \sin 60^0} = 0,97. \quad (33)$$

Ширина лопатки на вході до робочого колеса

$$b_1 = \frac{Q \cdot 10^3}{\pi \cdot D_1 \cdot \tau_1 \cdot k_{v1} \cdot C_{r1}} = \frac{3,33 \cdot 10^3}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,94 \cdot 0,996 \cdot 36,727} = 76(\text{мм}). \quad (34)$$

Приймаємо $b_1 = 77$ мм.

Ширина лопатки на виході з робочого колеса

$$b_2 = \frac{Q \cdot 10^3}{\pi \cdot D_2 \cdot \tau_2 \cdot k_{v2} \cdot C_{r2}} = \frac{3,33 \cdot 10^3}{\pi \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 1,053 \cdot 30,85} = 38,7(\text{мм}). \quad (35)$$

Приймаємо $b_2 = 38$ мм.

Радіус профіля лопаток:

$$R = \frac{r_2^2 - r_1^2}{D_2 \cdot \cos \beta_{2л} - D_1 \cdot \cos \beta_{1л}} = \frac{435^2 - 200^2}{870 \cdot \cos 60^0 - 400 \cdot \cos 32^0} = 1558(\text{мм}). \quad (36)$$

Приймаємо $R = 1560$ мм.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Споживана потужність

$$N = x \cdot \frac{G}{g} \cdot \frac{\varphi_{u2}}{102} \cdot U_2^2 \cdot (1 + \beta_{mp} + \beta_{np}) + N_{mex} \quad (37)$$

$$\varphi_{r2} = \frac{Q \cdot \left(\frac{n}{33,9}\right)^2}{\tau_2 \cdot k_{v2} \cdot \frac{b_2}{D_2} \cdot U_2^3} = \frac{3,33 \cdot \left(\frac{2950}{33,9}\right)^2}{0,9 \cdot 1,053 \cdot \frac{38}{870} \cdot 134,14^3} = 0,233. \quad (38)$$

$$\beta_{mp} = \frac{0,11}{1000 \cdot \tau_2 \cdot \varphi_{u2} \cdot \frac{b_2}{D_2} \cdot \varphi_{r2}} = \frac{0,11}{1000 \cdot 0,97 \cdot 0,753 \cdot \frac{38}{870} \cdot 0,233} = 0,0148. \quad (39)$$

Приймаємо $\beta_{mp} = 0,015$.

$$\beta_{np} = \frac{G_{np}}{G} = \frac{a \cdot \frac{D_5}{D_2} \cdot \frac{1000 \cdot S}{D_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{k_{v2}}} \cdot \sqrt{\frac{3}{4 \cdot r} \cdot \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)}}{1000 \cdot \tau_2 \cdot \frac{b_2}{D_2} \cdot \varphi_{r2}} =$$

$$\frac{0,67 \cdot \frac{403}{870} \cdot \frac{1000 \cdot 1}{870} \cdot \frac{1}{\sqrt{1,053}} \cdot \sqrt{\frac{3}{4 \cdot 4} \cdot \left(1 - \frac{400^2}{870^2}\right)}}{1000 \cdot 0,97 \cdot \frac{38}{870} \cdot 0,233} = 0,0135 \quad (40)$$

$$(1 + \beta_{mp} + \beta_{np}) = 1 + 0,015 + 0,0135 = 1,0285. \quad (41)$$

$$N_{mex} = 0,02 \cdot N. \quad (42)$$

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = x \cdot \frac{3,886}{9,81} \cdot \frac{0,753}{102} \cdot 134,38^2 \cdot 1,0285 + 0,02 \cdot N. \quad (43)$$

$$N = 55,4 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунку повітродувки на ЕОМ подані у додатку А.

3.6 Розрахунок соосної збірної камери круглого перерізу

Розрахунок конструктивних параметрів збірної камери виконано за учбово-методичним посібником ЛПП, табл. 7-4 а [1] і зведено до табл. 3.1.

Табл. 3.1 – Результати розрахунку конструктивних параметрів збірної камери

	Пара- метр	Спосіб визна- чення							
1.	$\theta, \text{град.}$	задається	15	30	45	90	180	270	360
2.	$r, \text{м}$	$\frac{Q}{C} + \sqrt{2R_5 \frac{Q}{C}}$	0,0023	0,0319	0,0394	0,0566	0,0818	0,1019	0,1193
3.	$R_y, \text{м}$	$R_5 + r$	0,487	0,497	0,504	0,521	0,546	0,567	0,584
4.	$F, \text{м}^2$	πr^2	0,00156	0,0032	0,0049	0,0101	0,02102	0,0326	0,04471
5.	$r, \text{м}$	задається констр.	0,022	0,032	0,040	0,055	0,080	0,100	0,115
6.	$R_y, \text{м}$	$R_5 + r$	0,487	0,497	0,505	0,520	0,545	0,565	0,580

де $R_5 = 0,465 \text{ м}$, $b_5 = 0,04 \text{ м}$, $C = \frac{360}{b_5 \cdot \text{tg}\alpha_5} = \frac{360}{0,04 \cdot \text{tg}17^\circ} = 29255$, $\alpha_5 = \alpha_2 = 17^\circ$ (44)

(див. рис. 3.2).

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

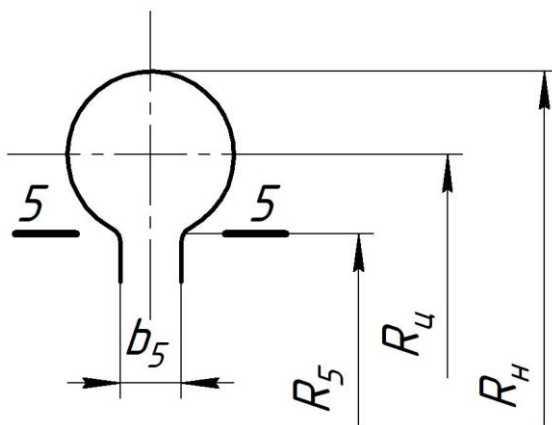


Рис. 3.2 – Схема збірної камери круглого перерізу

Зменшення споживаної потужності у повітрорудки ТВ-200-1,12 М досягнуто за рахунок:

- 1) кращого узгодження роботи збірної камери та робочого колеса (у ТВ-200-1,12 збірна камера розрахована на меншу продуктивність, тобто вона «затиснула» колесо).
- 2) зменшення зовнішніх і внутрішніх протікань (див. табл. 4.1).

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

4 РОЗРАХУНОК ВИТІКАНЬ ЧЕРЕЗ УЩІЛЬНЕННЯ ПОВІТРОДУВОК

Розрахунок виконувався за методикою, наведеною у [2] та зведений до табл. 4.1.

Табл. 4.1 – Результати розрахунку витікань через ущільнення повітродувок

Параметр	Номинальні величини параметрів для повітродувок			
	ТВ-200-1,12	ТВ-200-1,12 М	ТВ-200-1,12	ТВ-200-1,12 М
	витікання через ущільнення робочого колеса		витікання через ущільнення валу	
$m = K \cdot f \cdot \sqrt{\frac{P_0^2 - P_1^2}{z \cdot R \cdot T_0}}$ витікання через ущільнення, кг/с	$21,8 \cdot 10^{-2}$	$8,8 \cdot 10^{-2}$	$8,6 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
f – площа перерізу щілини, $м^2$	$1,63 \cdot 10^{-3}$	$0,76 \cdot 10^{-3}$	$0,37 \cdot 10^{-3}$	$0,12 \cdot 10^{-3}$
K – коефіцієнт витрати	1,27			
P_0 – тиск перед ущільненням, Па	$11,172 \cdot 10^4$			
P_0 – тиск за ущільненням, Па	$9,8 \cdot 10^4$			
T_0 – температура повітря перед ущільненням, К	302			
R – газова стала, Дж/(кг · К)	287			
z – число гребнів, шт.	3	4	1	6
Q – об'ємне витікання повітря, $м^3/хв.$	15	6	6	1

5 РОЗРАХУНОК ОСЬОВОЇ СИЛИ

Колесо з одностороннім всмоктуванням сприймає осьову силу, яка викликана нерівномірним розподілом тиску на окремі поверхні дисків. Ця сила складається з трьох сил: R_n – дія потоку при проходженні його через колесо, R_1 та R_2 – сили, які діють відповідно на зовнішні поверхні покривного та робочого дисків [7]:

$$R_{OC} = R_n + R_2 - R_1. \quad (45)$$

Підставивши в цю формулу вирази для обчислення окремих складових, на основі спрощуючих міркувань, які викладені у [3], отримаємо наступну залежність для визначення осьової сили:

$$R_{OC} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_s^2 - d_s^2) \cdot P_2 - \frac{\pi}{4} \cdot (D_s^2 - d_{em}^2) \cdot P_0 - \rho_m \cdot \left(\frac{U_2}{10}\right)^2 \cdot D_2^2 \cdot \left(1 - \frac{D_s^2}{D_2^2}\right) \cdot \left(\frac{D_s^2}{D_2^2} - \frac{d_s^2}{D_2^2}\right) - \frac{G}{g} \cdot C_0. \quad (46)$$

де D_s – діаметр ущільнення покривного диску, м;

d_s – діаметр кінцевого ущільнення валу, м;

d_{em} – діаметр втулки колеса, м;

ρ_m – середня густина повітря у зазорах, кг/м³;

P_2, P_0 – тиск повітря відповідно на вході та на виході з робочого колеса, Па;

C_0 – швидкість повітря на ході до робочого колеса, м/с.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1 Початкові дані для розрахунку

$$D_s = 0,405 \text{ м};$$

$$d_s = 0,095 \text{ м};$$

$$d_{em} = 0,112 \text{ м};$$

$$D_2 = 0,87 \text{ м};$$

$$G = 3,886 \text{ кг/с};$$

$$C_0 = 33,23 \text{ м/с};$$

$$P_2 = 11400 \text{ Па};$$

$$P_0 = 10000 \text{ Па};$$

$$\rho_m = 1,23 \text{ кг/м}^3;$$

$$U_2 = 134,38 \text{ м/с}.$$

5.2 Результати розрахунку

$$R_{oc} = \frac{\pi}{4} \cdot (0,405^2 - 0,095^2) \cdot 1140 - \frac{\pi}{4} \cdot (0,405^2 - 0,112^2) \cdot 1000 -$$
$$- 1,23 \cdot \left(\frac{134,38}{10}\right)^2 \cdot 0,87^2 \cdot \left(1 - \frac{0,405^2}{0,87^2}\right) \cdot \left(\frac{0,405^2}{0,87^2} - \frac{0,095^2}{0,87^2}\right) - \frac{3,886}{9,81} \cdot 33,23 = 157(\text{кгс}).$$

Осьову силу визначено для оптимального режиму роботи. Зі зменшенням продуктивності вона дещо зростає. Однак незначна величина цієї сили дозволяє відмовитися від розвантажувальних пристроїв і обмежитися замиканням осьової сили на кульковий підшипник.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРАХУНОК КРИТИЧНОГО ЧИСЛА ОБЕРТІВ РОТОРА

6.1 Початкові дані (рис. 7)

Відстань між опорами підшипників – 350 мм.

Діаметр опорних шийок валу – 85 мм, 70 мм.

Частота обертання – 2950 об/хв.

Матеріал валу – сталь 40 ГОСТ 1050-88 (поковка КП32).

6.2 Перша критична частота обертання ротора

Методом кінцевих елементів визначаються власні частоти та форми коливань. Ротор по довжині розділяється на 6 елементів.

Перша критична частота обертання ротора:

$$n_{кр1} = \frac{30 \cdot \omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 740,625}{\pi} = 7072 (\text{об./хв}). \quad (47)$$

де ω_1 – власна частота коливань ротора.

Відношення робочої і критичної частоти обертання ротора:

$$\frac{n}{n_{кр1}} = \frac{2950}{7072} = 0,41. \quad (48)$$

Для жорстокого валу відношення робочої і першої критичної частоти обертання ротора наступне:

$$n_{роб} \leq [0,7...0,8] \cdot n_{кр1}. \quad (49)$$

Таким чином, дана умова виконується, тобто ротор жорсткий.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

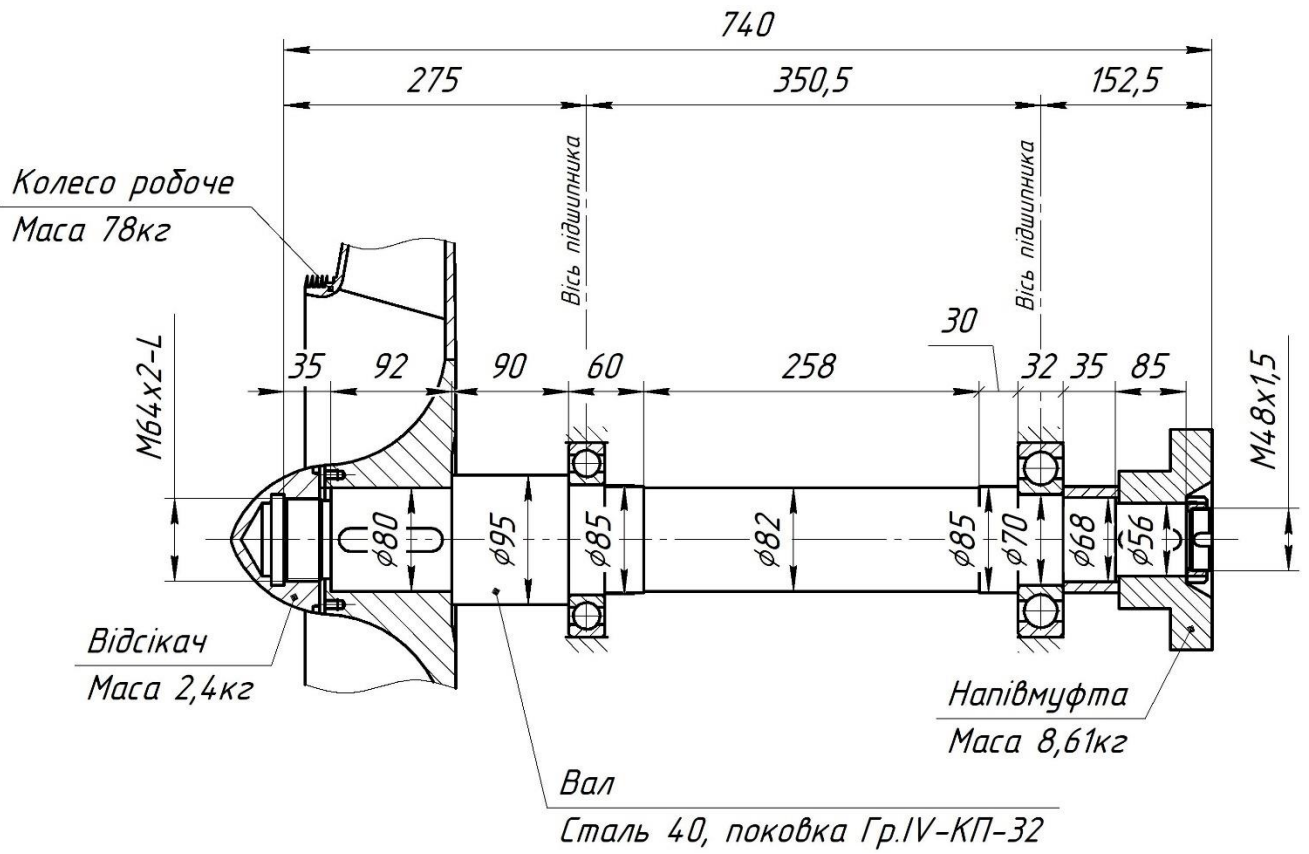


Рис. 6.1 – Розрахункова схема ротора повітродувки ТВ-200-1,12М

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

7 РОЗРАХУНОК ПІДШИПНИКІВ НА ЇХ ДОВГОВІЧНІСТЬ

Розрахунок виконано за методикою, викладеною у [6], а результати зведено до табл. 7.1.

Табл. 7.1 – Результати розрахунку підшипників на їх довговічність

Показник	Підшипник		
	314	217	2217
Еквівалентне динамічне навантаження, $P = (V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_\sigma \cdot K_T$	168	138	138
Радіальне навантаження, F_r , кН	12	132	132
Осьове навантаження, F_a , кН	160	0	0
Коефіцієнт обертання, V	1	1	1
Коефіцієнт радіального навантаження, X	0,56	1	1
Коефіцієнт осьового навантаження, Y	1	0	0
Коефіцієнт безпеки, K_σ	1	1	1
Коефіцієнт температурного режиму K_T	1,05	1,05	1,05
Довговічність підшипника, $L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p$, год.	117680	106437	1534098
Ступеневий показник, p	3	3	3
Вантажопідйомність, C , кг	8170	6540	9900
Відношення довговічності підшипників до довговічності підшипника 314, $\frac{L_h}{L_{h,314}}$	1	0,9	13

8 УНІФІКАЦІЯ МОДЕЛЬНОГО РЯДУ ПОВІТРОДУВОК

Для розробки уніфікованого ряду повітродувок виконано ряд розрахунків, методика якого наведена у розділах 3-7. Наряду з базовою повітродувною продуктивністю 200 м³/хв було виконано розрахунок аналогічних повітродувок з продуктивностями 150 м³/хв та 300 м³/хв. Результати розрахунку зводимо до таблиці 8.1.

Табл. 8.1 – Результати розрахунку уніфікованого ряду повітродувок

№ п/п	Параметр	Продуктивність за умовами всмоктування		
		150 м ³ /хв	200 м ³ /хв	300 м ³ /хв
1	Ефективний напір, H_{ef} , кгм/кг	1148,56	1148,56	1148,56
2	Адіабатний напір, H , кгм/кг	1435,7	1435,7	1435,7
3	Секундний напір, G_c , кг/с	2,915	3,886	5,83
4	Колова швидкість, U_2 , м/с	134,38	134,38	134,38
5	Зовнішній діаметр колеса, D_2 , м	0,87	0,87	0,87
6	Діаметр входу потоку на допатки, D_1 , м	400	400	400
7	Площа вхідного отвору колеса, F_0 , м ²	0,1006	0,1006	0,1006
8	Швидкість підводу потоку до робочого колеса, C_0 , м/с	24,95	33,32	49,9
9	Швидкість входу потоку на лопатки, C_1 , м/с	26,3	36,727	52,6
10	Кут входу потоку на лопатки, $\beta_{1л}$, град.	23	32	39
11	Відносна швидкість входу потоку на лопатки, W_1 , м/с	67,3	69,3	83,58

12	Відносна швидкість на виході з колеса, W_2 , м/с	45,5	45,5	45,5
13	Абсолютна швидкість потоку на виході з колеса, C_2 , м/с	105,5	105,5	105,5
14	Абсолютний кут виходу потоку з колеса, α_2 , град.	17	17	17
15	Ширина лопатки на вході до робочого колеса, b_1 , мм	80,8	77	80,8
16	Ширина лопатки на виході з робочого колеса, b_2 , мм	30	38	60
17	Радіус профіля лопаток, R , мм	1560	1560	1560
18	Споживана потужність повітродувки, N , кВт	48,15	55,4	61,7

Аналізуючи результати порівняльного аналізу, можна сказати, що для всього ряду повітродувок, які працюють на різних режимах з різними продуктивностями (від 150 м³/хв до 300 м³/хв), є сталий діапазон їх роботи, який показано на рис. 8.2.

Тому кожна з повітродувок може успішно замінювати іншу на деякій ділянці її характеристики із забезпеченням необхідних робочих параметрів на виході та з достатньою ефективністю.

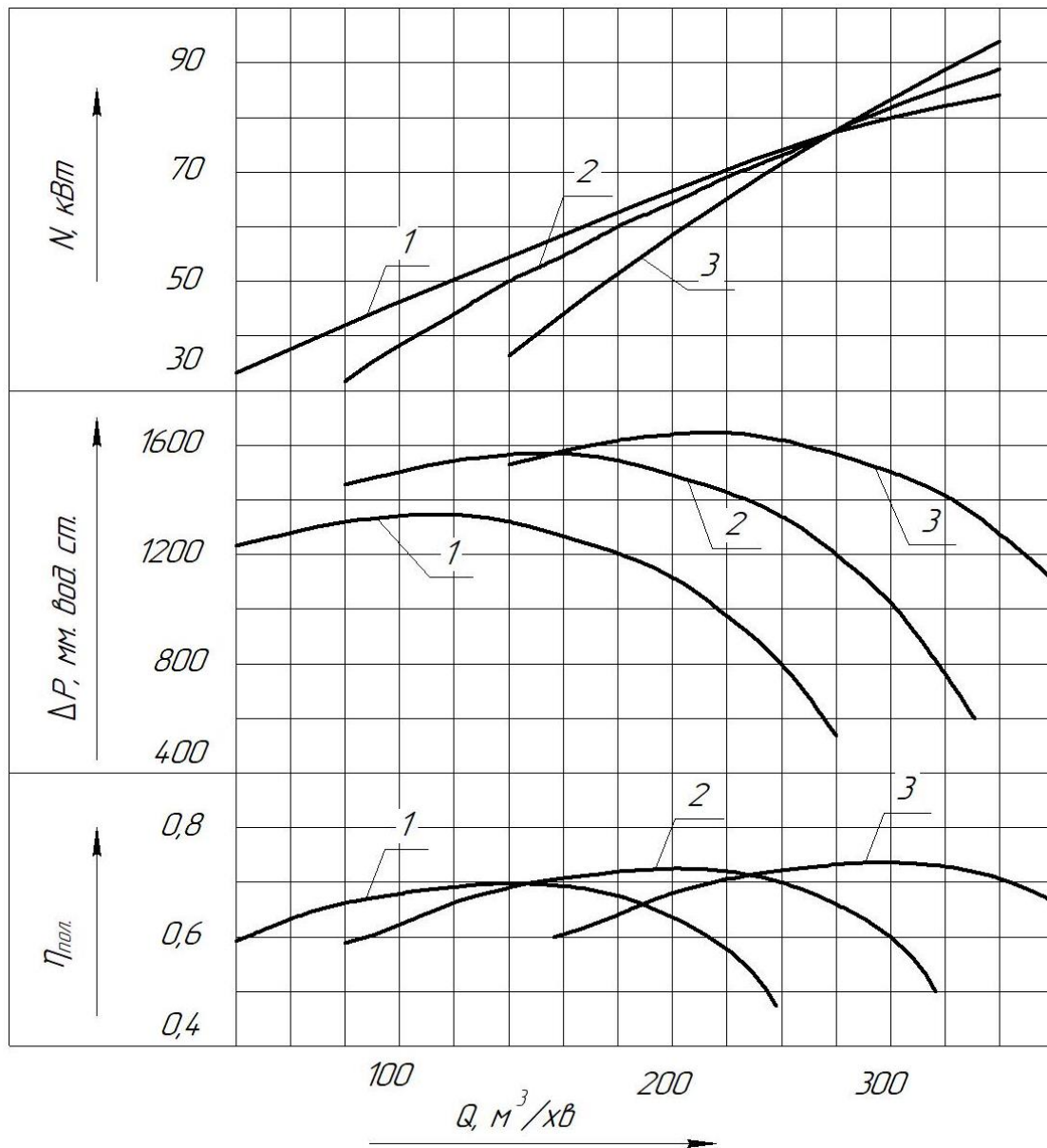


Рис. 8.2. Характеристика повітродувок при роботі за умовами всмоктування: 1 – $Q = 150 \text{ м}^3/\text{хв}$, 2 – $Q = 200 \text{ м}^3/\text{хв}$, 3 – $Q = 300 \text{ м}^3/\text{хв}$

9 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ГАЗОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ПОВІТРОДУВКИ

Газодинамічний розрахунок робочого колеса виконаний на мові програмування Pascal, яка являється однією з найбільш розповсюджених мов програмування та основою для ряду інших мов. Функціональність даної мови повністю підходить для виконання поставленої задачі - розробки ЕОМ для обчислення газодинамічного розрахунку, також вона має вбудований та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Ці фактори стали основними при виборі мови програмування для даної задачі.

9.1 Інтерфейс програми

Початкові дані		Основні розрахункові величини	
Q1, м3/с	3,33	Sigma	2,8
Pн, МПа	0,1	Pк/Pн	1,14
Pк, МПа	0,114	delta t пол., град.	14
Tн, К	293	Неф., кгм/кг	1151,6
n, об/хв	2950	H, кгм/кг	1439,5
Запуск розрахунку		G_c, кг/с	3,883

Розрахунок робочого колеса					
k_z	0,887	C_0, м/с	33,253	Alpha2, град.	17
kpd_n	0,828	C_1, м/с	35,056	delta_t1, град.	0,611
psi	0,624	U_1, м/с	61,753	k_v1	0,996
U_2, м/с	134,528	Beta1, град.	32,542	delta_t2, град.	8,5
D_2, м	0,871	Beta1л, град.	32	k_v2	1,053
Уточнена U_2, м/с	134,314	W_1, м/с	63,573	tau_1	0,94802
D_0min, м	0,356	C_r2, м/с	30,941	tau_2	0,99956
D_0, м	0,375	C_r2, м/с	101,421	b_1, м	0,08
D_1, м	0,4	W_2, м/с	45,315	b_2, м	0,037
F_0, м2	0,10054	C_2, м/с	105,964	R, м	1,469

Рис. 9.1 – Вікно програми з результатами розрахунку

9.2 Текст програми

```
unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, Buttons, Math;

type
  TForm1 = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Label2: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    Label4: TLabel;
    Edit4: TEdit;
    Label5: TLabel;
    Edit5: TEdit;
    BitBtn1: TBitBtn;
    GroupBox2: TGroupBox;
    Label6: TLabel;
    Edit6: TEdit;
    Label7: TLabel;
    Edit7: TEdit;
    Label8: TLabel;
    Edit8: TEdit;
    Label9: TLabel;
    Edit9: TEdit;
    Label10: TLabel;
    Edit10: TEdit;
    Label11: TLabel;
    Edit11: TEdit;
    GroupBox3: TGroupBox;
    Label12: TLabel;
    Edit12: TEdit;
    Label13: TLabel;
    Edit13: TEdit;
    Label14: TLabel;
    Edit14: TEdit;
    Label15: TLabel;
    Edit15: TEdit;
    Label16: TLabel;
    Edit16: TEdit;
    Label17: TLabel;
    Edit17: TEdit;
    Label18: TLabel;
```

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Label19: TLabel;
Edit18: TEdit;
Label20: TLabel;
Edit19: TEdit;
Label21: TLabel;
Edit20: TEdit;
Label22: TLabel;
Edit21: TEdit;
Label23: TLabel;
Edit22: TEdit;
Label24: TLabel;
Edit23: TEdit;
Label25: TLabel;
Edit24: TEdit;
Label26: TLabel;
Edit25: TEdit;
Label27: TLabel;
Edit26: TEdit;
Label28: TLabel;
Edit27: TEdit;
Label29: TLabel;
Edit28: TEdit;
Label30: TLabel;
Edit29: TEdit;
Label31: TLabel;
Edit30: TEdit;
Label32: TLabel;
Edit31: TEdit;
Label33: TLabel;
Edit32: TEdit;
Label34: TLabel;
Edit33: TEdit;
Label35: TLabel;
Edit34: TEdit;
Label36: TLabel;
Edit35: TEdit;
Label37: TLabel;
Edit36: TEdit;
Label38: TLabel;
Edit37: TEdit;
Label39: TLabel;
Edit38: TEdit;
Label40: TLabel;
Edit39: TEdit;
Label41: TLabel;
Edit40: TEdit;
Label42: TLabel;
Edit41: TEdit;
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }

```

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

```

end;

var
  Form1: TForm1;
{ Початкові дані }
  Q1, Pn, Pk, Tn, n : real;

  Sigma, Eps, delta_t_pol, H_ef, H, G_c : real;

  k_z, fi_u_2, kpd_n, psi, U_2, D_2, U_2_1, D_0min, D_0, D_1, D_1_1 : real;
  F_0, C_0, C_1, U_1, tg_Beta1, Beta_1, Beta_11, W_1, C_r2, C_u2, W_2 : real;
  Alpha_2, C_2, delta_t2, lg_k_v2, k_v2, delta_t1, lg_k_v1, k_v1 : real;
  tau_1, tau_2, b_1, b_2, R : real;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
  Q1:= StrToFloat(Edit1.Text);
  Pn:= StrToFloat(Edit2.Text);
  Pk:= StrToFloat(Edit3.Text);
  Tn:= StrToFloat(Edit4.Text);
  n:= StrToFloat(Edit5.Text);

  Sigma:=2.8;
  Eps:=Pk/Pn;
  delta_t_pol:=Tn*(exp(1/Sigma*ln(Eps))-1);
  H_ef:=Sigma*delta_t_pol*29.3;
  H:=29.3*1.4/(1.4-1)*delta_t_pol;
  G_c:=1.166*Q1;

  k_z:=1-(3.14/24*0.866);
  fi_u_2:=k_z-0.23*0.5/0.866;
  kpd_n:=0.8*1.035;
  psi:=kpd_n*fi_u_2;
  U_2:=sqrt(9.81*H_ef/psi);
  D_2:=60*U_2/(3.14*n);
  U_2_1:=3.14*0.87*n/60;
  D_0min:=0.112*0.112+exp(ln((34.4*Q1*1.05)/(1.06*0.95*0.996*n)))/3);
  D_0:=0.375;
  D_1:=1.06*D_0;
  D_1_1:=0.4;
  F_0:=3.14/4*(sqr(D_0)-sqr(0.112));
  C_0:=Q1/(F_0*0.996);
  C_1:=C_0*1.05/0.996;
  U_1:=3.14*D_1_1*n/60;
  tg_Beta1:=C_1/U_1;
  Beta_1:=180*tg_Beta1/3.14;
  Beta_11:=32;
  W_1:=C_1/sin(Beta_11);
  C_r2:=0.23*U_2;
  C_u2:=fi_u_2*U_2;
  W_2:=sqrt(sqr(C_r2)+sqr(U_2-C_u2));
  Alpha_2:=180*(0.23/fi_u_2)/3.14;

```

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

C_2:=C_r2/0.292;
delta_t2:=(1/29.3/(1.4/((1.4-1)))*(H_ef/0.8-sqr(C_2)/(2*9.81)));
lg_k_v2:=(Sigma-1)*log10(1+delta_t2/Tn);
k_v2:=exp(lg_k_v2*ln(10));
delta_t1:=sqr(C_1)/(2*9.81*1.4/(1.4-1)*29.3);
lg_k_v1:=(Sigma-1)*log10(1+delta_t1/Tn);
k_v1:=exp(lg_k_v1*ln(10))-0.008;
tau_1:=1-(12*3/(3.14*D_1_1*1000*sin(Beta_11)));
tau_2:=1-(24*3/(3.14*D_2*1000*60));
b_1:=Q1/(3.14*D_1_1*tau_1*k_v1*C_1);
b_2:=Q1/(3.14*D_2*tau_2*k_v2*C_r2);
R:=(sqr(D_2/2)-sqr(D_1_1/2))/(D_2*0.5-D_1_1*cos(Beta_11));

```

```

Edit6.Text:=FloatToStr(RoundTo(Sigma, -3));
Edit7.Text:=FloatToStr(RoundTo(Eps, -3));
Edit8.Text:=FloatToStr(RoundTo(delta_t_pol, 0));
Edit9.Text:=FloatToStr(RoundTo(H_ef, -2));
Edit10.Text:=FloatToStr(RoundTo(H, -2));
Edit11.Text:=FloatToStr(RoundTo(G_c, -3));
Edit12.Text:=FloatToStr(RoundTo(k_z, -3));
Edit13.Text:=FloatToStr(RoundTo(kpd_n, -3));
Edit14.Text:=FloatToStr(RoundTo(psi, -3));
Edit15.Text:=FloatToStr(RoundTo(U_2, -3));
Edit16.Text:=FloatToStr(RoundTo(D_2, -3));
Edit17.Text:=FloatToStr(RoundTo(U_2_1, -3));
Edit18.Text:=FloatToStr(RoundTo(D_0min, -3));
Edit19.Text:=FloatToStr(RoundTo(D_0, -3));
Edit20.Text:=FloatToStr(RoundTo(D_1_1, -3));
Edit21.Text:=FloatToStr(RoundTo(F_0, -5));
Edit22.Text:=FloatToStr(RoundTo(C_0, -3));
Edit23.Text:=FloatToStr(RoundTo(C_1, -3));
Edit24.Text:=FloatToStr(RoundTo(U_1, -3));
Edit25.Text:=FloatToStr(RoundTo(Beta_1, -3));
Edit26.Text:=FloatToStr(RoundTo(Beta_11, -0));
Edit27.Text:=FloatToStr(RoundTo(W_1, -3));
Edit28.Text:=FloatToStr(RoundTo(C_r2, -3));
Edit29.Text:=FloatToStr(RoundTo(C_u2, -3));
Edit30.Text:=FloatToStr(RoundTo(W_2, -3));
Edit31.Text:=FloatToStr(RoundTo(C_2, -3));
Edit32.Text:=FloatToStr(RoundTo(delta_t2, -1));
Edit33.Text:=FloatToStr(RoundTo(Alpha_2, 0));
Edit34.Text:=FloatToStr(RoundTo(k_v2, -3));
Edit35.Text:=FloatToStr(RoundTo(delta_t1, -3));
Edit36.Text:=FloatToStr(RoundTo(k_v1, -3));
Edit37.Text:=FloatToStr(RoundTo(tau_1, -5));
Edit38.Text:=FloatToStr(RoundTo(tau_2, -5));
Edit39.Text:=FloatToStr(RoundTo(b_1, -3));
Edit40.Text:=FloatToStr(RoundTo(b_2, -3));
Edit41.Text:=FloatToStr(RoundTo(R, -3));

```

end;

end.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

10 ОХОРОНА ПРАЦІ

Продуктивність праці підвищується завдяки заощадженню живої праці, економії суспільної праці за рахунок поліпшення якості продукції, поліпшення використання основних виробничих фондів і скорочення кількості нещасних випадків.

Розвиток сучасної техніки йде по шляху розробки нових типів компресорних машин, обладнання різного призначення, інтенсифікації їх використання за рахунок раціональних режимів роботи, вдосконалення технології, процесу виробництва і поліпшення профілактики і ремонту. Необхідно, щоб людська праця проходила в сприятливих умовах, які сприяють розвитку всіх його здібностей і забезпечують високу продуктивність праці. Крім того, у процесі праці людина не повинна бути поранена або захворіти професійним захворюванням.

10.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів компресорного виробництва

У ГОСТ 12.0.002-2000 "ССБТ. Шкідливі і небезпечні фактори. Дана класифікація умов праці, які знаходяться в ролі небезпечних і шкідливих факторів. Вони поділяються на: хімічні, фізичні, психофізичні та біологічні.

До небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать: погані метеорологічні умови; забруднення повітря від промислового пилу та шкідливих речовин; несприятливе освітлення; перевищення допустимих норм шуму та вібрації; підвищений рівень іонізуючого випромінювання; рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, рухомі вироби (матеріали, заготовки) і ряд інших факторів.

Шкідливими речовинами є речовини, які вступають у контакт з організмом людини в разі порушення вимог безпеки, можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення у здоров'ї,

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

визначаються сучасними методами, як під час роботи, так і в довгостроковій перспективі - термін життя нинішнього і наступних поколінь.

Основними потенційними небезпеками при експлуатації розробленого компресора можуть бути:

- небезпека вибуху;
- небезпека пожежі;
- ураження електричним струмом.

Потенційні небезпеки включають:

- Шум під час роботи пристрою;
- вібрація;
- підвищене пило- і газозабруднення робочої зони;
- підвищення або зниження температури поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищення або зниження температури повітря в робочій зоні;
- збільшення або зменшення барометричного тиску в робочій зоні та її різкі зміни;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- збільшена або зменшена рухливість повітря.

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

Джерелами вибуху можуть бути: погане мастило, гідропневматичні удари, розташування агрегату в зоні пожежі і вибухові матеріали.

Виробничий процес повинен бути розроблений таким чином, щоб ймовірність вибуху в будь-якій небезпечній зоні протягом року не перевищувала в розрахунку на окремих вогнебезпечний вузол (елемент) цього об'єкта (ГОСТ 12.1.004-91 "Пожежна безпека. Загальні вимоги") або небезпечна зона (ГОСТ 12.1.010-76 "Внутрішня безпека. Загальні вимоги"). У разі технічної або економічної недоцільності забезпечення заданої ймовірності вибуху, виробничі процеси повинні бути розроблені таким чином, щоб вірогідність впливу вибухонебезпечних факторів на людей протягом року не перевищувала на

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

людину (ГОСТ 12.1.010-76) . У цьому випадку величина ймовірності вибуху, що відбувається в будь-якій небезпечній зоні, повинна бути забезпечена і узгоджена в установленому порядку з органами державного контролю.

Вибухонебезпечні середовища можуть утворювати:

- суміші речовин (гази, пари, пил) з повітрям і іншими окислювачами (кисень, хлор, оксиди азоту і т. д.);
- речовини, схильні до вибухового перетворення (ацетилен, гідразин і т. д.).

Джерело вибуху:

- полум'я, палаючі і гарячі тіла;
- електророзряди
- прояви тепловипромінювання від хімічних реакцій і механічних впливів;
- іскри від ударів і тертя;
- ударні хвилі;
- електромагнітне і інше випромінювання.

Запобігання утворенню вибухонебезпечного середовища та забезпечення повітря в виробничих приміщеннях, гірських виробок і т. д., вміст вибухових речовин, що не перевищує нижню межу концентрації займання, з урахуванням коефіцієнта безпеки, повинно бути досягнуто:

- застосування герметичного виробничого устаткування;
- застосування роботи і аварійної вентиляції;
- видалити вибухонебезпечне середовище і речовини, які можуть привести до її отруєння;
- контроль складу повітря і відкладень вибухонебезпечного пилу.

Вимоги до захисту від вибуху. Запобігання впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають внаслідок вибуху та збереження багатства:

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- встановлення невеликої кількості вибухових речовин, що використовуються в цих виробничих процесах;
- використання пламегасників, водяних замків, водяних і пилових бар'єрів, інертних, непідтримуваних газових або парових штор;
- використання обладнання, призначеного для тиску вибуху;
- захист обладнання від руйнування вибухом за допомогою аварійних пристроїв для скидання тиску (запобіжних діафрагм і клапанів)
- використання високошвидкісних запірних і зворотних клапанів;
- використання систем контролю активного вибуху;
- використання попереджувальної сигналізації.

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

Захист від пожежі має забезпечуватися за рахунок:

- Засобами гасіння пожежі,

а) вогнегасники

за способом спрацьовування:

- автоматичні (самоспрацьовуючі) - зазвичай стаціонарно розміщуються в місцях ймовірного виникнення пожежі;
- ручні (приводить в дію людина) - розміщуються на спеціальних стендах;
- універсальні (комбінованої дії) - поєднання переваг обох вищеописаних типів.

за принципом дії на джерело вогню:

- газові (вуглекислотні), ПЕРЕНОСНІ: ОУ-1Всі; ОУ-2Всі; ОУ-3Всі; ОУ-5Всі, ПЕРЕСУВНІ: ОУ-10Всі; ОУ-20Усі; ОУ-40ВСЕ; ОУ-80ВСЕ
- пінні (хімічні, хімічні повітряно-пінні, повітряно-пінні, повітряно-емульсійні),
- 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

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- водні. ПЕРЕНОСНІ: ОВП-4 (3) АВ; ОВП-8 (3) АВ, ПЕРЕСУВНІ: ОВП-50 (3) АВ; ОВП-ЮО (3) АВ

- Установками автоматичної дії, пожежної сигналізації та гасіння пожежі;

- Засоби індивідуального і колективного захисту людей від пожежних небезпек (щити, соснові ліси, пісок). Основними вогнетривкими речовинами є водні, хімічні та повітряно-механічні піни, водні розчини солей, інертні та негорючі гази, водяні пари, галогеніди вуглецю, вогнегасні речовини та сухі порошкові порошки, у виробничій зоні, головним чином, вогнегасники використовуються, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, безпека електронного обладнання. Діелектричні властивості, що дозволяють використовувати ці вогнегасники, коли неможливо знеструмити пристрій.

10.4 Ураження електричним струмом [13, 14]

Вимоги до електробезпеки регулюються ГОСТ 12.1.030 - 81 "Електрична безпека. Захисне заземлення. Занулення.

Основними джерелами ураження електричним струмом є:

- випадковий контакт з частинами, що викликають струм, які перебувають під напругою;

- несправність захисного обладнання, за допомогою якого працівник контактує з частинами, що знаходяться під струмом;

- поява напруги на металевих частинах виробничого обладнання (корпусу, огороження тощо). Останнє виникає внаслідок пошкодження ізоляції живих частин електрообладнання;

- Контакт металевого обладнання з приводом, який під напругою.

Результат впливу електричного струму на людину може призвести до наступного: порушення життєво важливих органів людини (мозок, серце, легені); опіки окремих частин тіла; нагрівання кровоносних судин, а також електричний струм, що супроводжує організм; судомні скорочення м'язів серця і легенів, аж до повного припинення діяльності органів дихання і кровообігу.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно виконати захисне заземлення або обнулення електричних установок:

- при номінальній напрузі і вище змінного струму і вище постійного струму у всіх випадках;
- при номінальній напрузі від змінного струму до постійного струму при роботі в умовах підвищеної небезпеки і особливо небезпечних за ГОСТ 12.1.013-78 «Система стандартів охорони праці. Будівництво. Електрична безпека. Загальні вимоги ».
- при номінальній напрузі від змінного струму і до постійного струму при роботі в умовах підвищеної небезпеки і особливо небезпечних за ГОСТ 12.1.013-78 "Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електрична безпека. Загальні вимоги".

Заходи щодо запобігання впливу електричного струму на людину забезпечуються ПУЕ.

Для забезпечення захисту від випадкового контакту з частинами, що знаходяться під напругою, необхідно використовувати:

- захисні огорожі;
- ізоляція частин під напругою;
- засоби індивідуального захисту;
- захисне заземлення (якщо ізоляція пошкоджена).

10.5 Шум при роботі агрегату [9, 10]

Характеристики та допустимі рівні шуму на робочому місці. Характеристиками постійного шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску в октавних смугах з геометричними середніми частотами. Для орієнтовної оцінки можна використовувати рівень звуку в децибелах за шкалою А.

Характерною ознакою непостійного шуму на робочих місцях є інтегральний критерій - еквівалентний (в енергії) рівень звуку в А, який визначається згідно з довідковим додатком.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, для коливального у часі і переривчастого шуму обмежують максимальний рівень звуку в А, виміряний на тимчасовій характеристиці «повільно», і для імпульсного шуму - максимальний рівень звуку в А1, виміряний на «імпульсі» тимчасовій характеристиці.

Дозволяється використовувати дозу шуму або відносну дозу шуму як характеристику нестійких шумів.

Необхідно прийняти допустимі рівні звукового тиску в діапазонах частот октави, рівнів звуку та еквівалентних рівнів звуку на робочих місцях: для широкосмугового постійного та непостійного (крім імпульсу) шуму - згідно таблиці.

Захист від шуму. При розробці технологічних процесів, проектування, виготовлення та експлуатації машин, промислових будівель і споруд, а також організації робочого місця, необхідно вжити всіх необхідних заходів для зменшення шуму, що впливає на людей на робочих місцях, на значення, що не перевищують допустимі:

- Розробкою техніки з низьким рівнем шуму;
- Використанням колективного захисту по ГОСТ 12.1.029-80 "Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація »;
- Використанням індивідуального захисту по ГОСТ 12.4.051-78 «Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».

Зони з високим рівнем звуку або еквівалентним рівнем звуку мають бути позначені табличками безпеки за ГОСТ 12.4.026-76 «Кольори сигнальні і знаки безпеки».

Працююча в таких зонах адміністрація зобов'язана забезпечувати індивідуальним захистом згідно з ГОСТ 12.4.051-78.

На підприємстві, організаціях та установах має бути контроль значень звукового забруднення на робочих місцях не менш, ніж 1 раз на рік.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні вимоги безпеки »при тривалій безперервній роботі компресорів не має 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 віброізолюючих 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 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.

10.6 Вібрація регламентуються ГОСТ 12.1.012-96 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги» [11, 12]

Зазвичай шкідливістю для більшості видів обладнання є вібрація. Вібрація виникає при роботі агрегату, при присутності в ньому незбалансованих сил (зазвичай вони циклічні). осередками виникнення вібрації може бути:

- Незбалансовані обертові сили машини;
- Зіткнення деталей (зубчасті передачі, підшипникові вузли);
 - Вади з'єднань окремих частин агрегату. Основним способом забезпечення вібробезпечного має бути створення і застосування вібробезпечних машин. Вібробезпечного праці повинна забезпечуватися:
- Дотриманням правил та умов експлуатації;

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

- Підтримкою належного технічного стану машини;
- Своєчасним проведенням планово-попереджувальних ремонтів;
- Застосуванням засобів індивідуального захисту від вібрацій. Найбільш небезпечним діям 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:
 - Імовірність прояви різних ад, навіть до професійної вібраційної хвороби;
 - Показчик фіз. навантаження і нервово-емоційної напруги;
 - Дія супутніх чинників посилюють дію вібрації (охолодження, вологість, звукове забруднення і т.п.);
 - Тривалість і уривчастість впливу вібрацій;
 - Тривалість робочої зміни.

10.7 Запобіжні пристрої від підвищення тиску ГОСТ 12.2.085-2002. «Посудини, що працюють під тиском. Клапани запобіжні. Вимоги безпеки»

Як превентивні прилади використовуються:

- пружинні захисні клапани;
- важільно - вантажні захисні клапани;
- імпульсні захисні прилади (ІЗП), які мають головний запобіжний клапан (ГЗК) і керуючий імпульсний клапан (ІПК) прямої дії;
- захисні прилади з руйнуючими мембранами (мембранні захисні пристрої);
- прилади, використання яких завірено з Держнаглядохоронпраці України.

Конструкція пружинного клапана не повинна мати можливості затягування пружини більше встановленої величини, а пружина повинна бути

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

захищена від перенагріву (охолодження) і також дії робочого середовища, якщо вона не суттєво впливає на матеріал пружини.

Конструкція пружинного клапана має завбачувати прилад для перевірки надійності дії клапана в робочому стані шляхом вимушеного відкриття його під час роботи.

Посудина, розрахована на тиск, менше тиску яке її живить, має бути на відповідному трубопроводі автоматичного пристрою з манометром і превентивним пристроєм, який встановлений на боці меншого тиску після приладу для зміни тиску.

У разі наявності обвідної лінії (байпасування) вона також має бути оснащена редуکتивним пристроєм.

Для групи ємностей, що працюють за одного і того ж тиску, допускається встановлювати один прилад для редукування тиску з манометром і превентивним клапаном на суцільному трубопроводі до першого відокремлення до однієї з посудин.

В цій події установка превентивних пристроїв на самих посудинах не обов'язкова, якщо в них не має можливості підвищення тиску.

Кількість превентивних клапанів, їх геометрія і пропускна здатність мають бути обрані за результатами розрахунків в такому вигляді, щоб в ємності не утворювався тиск, що є вище, ніж робочий тиск більше за 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) для ємностей тиском до 0,3 МПа (3 кгс/см²), на 15% - для ємностей з тиском від 3 до 6,0 МПа (30 ... 60 кгс/см²), на 10 і% - для судин з тиском, який вище 6,0 МПа (60 кгс/см²).

При роботі превентивних клапанів допускається перевищення тиску в ємності не більше як на 25% робочого тиску при умові, що це перевищення передбачене проектом і зазначене в паспорті посудини.

Превентивні пристрої мають встановлюватись на патрубках або трубопроводах, безпосередньо до ємності. Приєднувальні трубопроводи

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

запобіжних пристроїв (підвідні, відвідні, дренажні) повинні бути захищені від замерзання в них робочого середовища.

При установці на одній насадці (трубопроводі) декількох запобіжних клапанів, площа поперечного перерізу сопла (трубопроводу) повинна бути не менше 1,25 загальної площі поперечного перерізу встановлених на ній клапанів.

При визначенні поперечного перерізу сполучних трубопроводів довжиною понад 1000 мм необхідно також враховувати величину їх опорів. Вибір робочого середовища з форсунок (і в секціях сполучних трубопроводів від судна до клапанів), на якому встановлені запобіжні клапани, не допускається.

Арматура перед запобіжним клапаном може бути встановлена за умови встановлення двох запобіжних клапанів і блокування клапана для запобігання їх одночасного вимикання. У цьому випадку кожна з них повинна мати можливості, передбачені ст. цих правил.

При встановленні групи запобіжних клапанів і клапанів перед (позаду) їх блокування повинно здійснюватися таким чином, щоб для будь-якого запланованого проекту вимикання клапанів залишкові запобіжні клапани мали загальну пропускну здатність, передбачену цією правилами.

Випускні труби запобіжних пристроїв і імпульсні лінії МПУ в місцях можливого накопичення конденсату повинні бути обладнані дренажними пристроями для видалення конденсату.

Монтаж запірних органів або іншої арматури на дренажні трубопроводи не допускається. Засоби, що виходять із запобіжних пристроїв і стоків, слід вивантажити в безпечне місце.

Мембранні запобіжні пристрої монтуються:

1) замість важільно-вантажних і пружинних запобіжних клапанів. Якщо за робочої умови визначеного середовища неможливо застосовувати внаслідок їх інерційності тощо;

2) перед запобіжними клапанами, якщо запобіжні клапани не можуть працювати достатньо надійно внаслідок шкідливого впливу дії робочого

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

середовища (корозія, ерозія, кристалізація, прилипання, замерзання, тощо) або можливих витікань через закритий клапан вибухо- і пожежонебезпечних, токсичних, екологічно шкідливих речовин. В такому випадку має бути передбачений пристрій, який дозволяє контролювати дію 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, а також для виключення впливу коливання тиску з боку цієї системи на точність спрацювання запобіжних клапанів.

Потреба та місце монтажу мембранних запобіжних пристроїв та їх конструкція визначаються проектною організацією.

Для виготовлення мембран компанія повинна мати дозвіл Державного нагляду з охорони праці.

Кожна захисна мембрана повинна мати фабричний штамп з вказівкою тиску реакції, допустимої робочої температури роботи. Паспорт видається на всю партію мембран одного типу, побудований на одного споживача.

Паспорт повинен супроводжуватися технічною документацією на вакуумну опору живих лопаток, затискаючи інші елементи в збірці, якими мембрана цієї партії допускається до експлуатації.

Паспорт повинен бути підписаний керівником виробника, підпис якого запечатаний.

Мембранні запобіжні пристрої повинні бути розміщені у відкритих і доступних для огляду та монтажу та демонтажі місцях, з'єднувальні трубопроводи повинні бути захищені від замерзання в робочому середовищі, пристрій повинен бути встановлений на соплах.

Процедура і терміни перевірки працездатності клапанів, запобіжних пристроїв і мембранних пристроїв, залежно від умов технічного прогресу,

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

повинні бути зазначені в інструкції з експлуатації пристроїв безпеки, розроблені відповідно до інструкцій виробника та затверджені в установленому порядку.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Виконавши необхідні розрахунки для розробки уніфікованого ряду повітродувок, можна зробити наступні висновки:

1) перший етап уніфікації модельного ряду повітродувок типу ТВ полягав у зміні конструкції проточної частини, а саме зміну форми збірної камери. Після проведення необхідних розрахунків, ефективним виявився варіант зі збірною камерою круглого перерізу (рис. 2.2);

2) другий етап уніфікації полягав у розширенні діапазону продуктивностей роботи повітродувок типу ТВ. Для цього були проведені конструктивні розрахунки для діапазону продуктивностей від $150 \text{ м}^3/\text{хв}$ до $300 \text{ м}^3/\text{хв}$. Отримані результати показали, що повітродувки з однаковою геометрією проточної частини можуть успішно замінювати одна одну на деякій ділянці її характеристики із забезпеченням необхідних робочих параметрів на виході та з достатньою ефективністю;

3) для автоматизації процесу уніфікації була розроблена програма для обчислення газодинамічного розрахунку. Вона може бути застосована для наступних етапів робіт по уніфікації повітродувок типу ТВ, а саме по вибору полів в координатах «напір–продуктивність» і конструкції уніфікованих машин.

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Анисимов С. А. Газодинамический расчет центробежных компрессоров поэлементным методом (метод ЛПИ). Л., 1974.
2. Скубачевский Г. С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей. Изд. 4-е, М., «Машиностроение», 1974.
3. Чистяков Ф. М., Игнатенко В. В. и др. Центробежные компрессорные машины, М., «Машиностроение», 1969.
4. Мисарек Д. Турбокомпрессоры. М., «Машиностроение», 1968.
5. Воздуходувки ТВ-100-1,12 и ТВ-200-1,12. Пояснительная записка. 342.872.00.00.00 Пз. Чирчик, «Узбекхиммаш», 1976.
6. Бейзельман Р. Д., Цыпкин Б. В., Перель Л. Я. Подшипники качения. Справочник, М., «Машиностроение», 1975.
7. Рис В. Ф. Центробежные компрессорные машины. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1964.
8. Хисамеев И. Г., Максимов В. А., Баткис Г. С., Гузельбаев Я. З. Проектирование и эксплуатация промышленных центробежных компрессоров. – Казань: Изд-во «ФЭН», 2010. – 671 с.
9. ГОСТ 12.1.003-83 «ССТБ. Шум. Общие требования безопасности».
10. СН 2.2.412.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
11. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»
12. СН 2.2.412.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».
13. СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение».
14. ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССТБ. Изделия электротехнические».

					КМ 08.00.00.00. ПЗ	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		