

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технічної теплофізики

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Сергій
ВАНЄСВ
(підпис)

« _____ » _____ 2023
р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»,
освітньо-професійної програми «Компресори, пневмоагрегати та вакуумна
техніка»

на тему: Система охолодження та вентиляції установки для зберігання
плодоовочевої продукції з умовною місткістю 150 т.

Здобувача(ки) групи К.м-21

Червяченко М. К.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ (підпис)

_____ (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник _____

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Консультант _____

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	3
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЛОДООВОЩЕСХОВИЩ.....	7
3 УТОЧНЕННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ МЕТОДИКИ ГАЗОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ.....	15
3.1 Моделювання вихідного вентилятора на повітрі.....	115
3.1.1 Постановка задачі. Критерії моделювання.....	115
3.1.2 Розрахунок модельного вентилятора на 75 м ³ /год.....	16
3.1.3 Порівняння характеристик на газі і на повітрі.....	27
3.2 Газодинамічний розрахунок вентилятора на задані параметри (250 м ³ /год).....	29
4 КОНСТРУКТИВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИКОНАННЮ КОРПУСУ-РАВЛИКА. ТЕОРЕТИЧНЕ КРЕСЛЕННЯ КОРПУСУ.....	34
4.1 Конструктивні рекомендації по проектуванню корпусу вентилятора.....	34
4.2 Теоретичне креслення корпусу вентилятора.....	34
4.3 Розрахунок патрубків вентилятора.....	36
4.4 Рекомендації до виконання конструкції вентилятора.....	37
4.5 До загальної конструкції.....	37
5. УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....	38
6 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	47
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	

					<i>КМ 17.00.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Червяченко</i>			<i>Система охолодження та вентиляції установки</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Бондаренко</i>					2	68
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ гр. К.м-21</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Шарапов</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Ванеев</i>			2			

ВСТУП

Складність задачі проектування вентилятора полягає у відсутності прототипів як за видом газу (піролізний газ), так і за параметрами. Вихідний варіант вентилятора (продуктивністю 70 м³/год) не може бути взятий за прототип внаслідок дуже великої різниці продуктивності (більше ніж у 3 рази), бо в цьому випадку безрозмірні коефіцієнти продуктивності \bar{Q} , напору \bar{H} і ККД значно відрізняються. В цьому випадку потрібно було б мати експериментальні значення коефіцієнтів для подібної геометрії.

В даній роботі запропоновано і використано підхід не фізичного, а числового моделювання, суть якого в наступному. Використовуючи дані розрахунків повітряних вентиляторів, які є в доступних джерелах інформації можна змодельовати вентилятор для повітря на параметри вихідного газового вентилятора. Одержані значення коефіцієнтів порівнюємо з вирахованими за наданими параметрами оригіналу. Якщо результати співпадають з допустимою похибкою, то такий метод можна використати і для розрахунку необхідного вентилятора продуктивністю 250 м³/год. При цьому обчислювальні процедури, виконуються в зворотному порядку.

Обов'язковою вимогою є виконання для моделі і оригіналу рівняння критеріїв подібності: геометрична подібність, число Маха, число Рейнольдса.

Розрахунки всіх варіантів вентилятора виконуються згідно методики, викладеної у звіті по першому етапу роботи.

Зберігання сільськогосподарської продукції, її кінцева якість та мінімізація втрат повністю залежать від того, як було проведено будівництво овочесховища. Важливо не тільки виростити врожай, а й зберегти його до надходження споживача. Продумують питання зберігання аграрної продукції ще на етапі проектування відповідної будови. Існуючі сьогодні технології будівництва овочесховища дозволяють:

- створити сприятливі умови утримання будь-яких культур;
- захистити продукцію від негативного впливу природних явищ (вологота теплоізоляція овочесховища);

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

- оберігати врожаї від знищення птахами та гризунами;
- вести постійний та простий контроль за поточним станом сільськогосподарської продукції;
- створювати оптимальні режими;
- створити умови для сортування товарів, їх калібрування;
- забезпечити найбільший комфорт для проведення закладки продукції та відвантаження товару;
- гарантувати швидкий та якісний процес дезінфекції.
- забезпечити максимальну ефективність зберігання;
- забезпечити тривалість зберігання продукції без відчутних втрат. [1]

Типове овочесховище обов'язково має регулювання вологості. Від цього залежить рівень свіжості продукту. Для багатьох овочів відносна вологість повітря оптимально 85-95%, хоча тут існують відхилення від норми. Типовий проект овочесховища передбачає вологість близько 96-98%, яку вимагають зелені овочі, деякі види яблук, капуста, редис, морква. Для цибулі, часнику, вологість вважається нормою 70-80%. При нестачі вологи лише на 1,5-2,5% проявляється видиме в'янення продукту, зниження маси.

Висока вологість повітря небезпечна тим, що в момент зниження температури відбувається відпотівання, і поява крапель вологи на продуктах призводить до розмноження бактерій та грибка. Для уникнення відпотівання, овочі можна засипати шаром соломи, стружки або іншими матеріалами, що вбирають вологу. Ось чому таке обладнання як парогенератори, зволожувачі повітря, парозволожувачі обов'язково входять у проектування овочесховища.

[2] Сучасні камери вирішують проблему, пов'язану з тривалим зберіганням рослинної продукції – виділенням етилену, який сприяє прискореному дозріванню овочів, їх пожовтіння та розм'якшення, що в результаті стає причиною скорочення терміну зберігання. Для відведення етилену використовується система вентиляції, а також обладнання для створення регульованого газового середовища. [3] Охолодження рослинних продуктів здійснюється плавно. Таке зниження температури дозволяє забезпечити найкращий стан та зовнішній вигляд, при дбайливому поводженні з цінними

КМ 17.00.00.00 ПЗ					Лист
					4
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	

властивостями. При нестабільному рівні температури всередині овочів починають активно розвиватися мікроорганізми, що призводить до загибелі плода. [4] Холодильні камери для зберігання фруктів чутливі до схеми розміщення продукції всередині камери. Фрукти розвантажують у холодильні камери у пластикових або картонних ящиках з урахуванням проходів для персоналу, а також з відступами між ящиками не менше ніж двадцять сантиметрів, а від крайнього ящика до стіни холодильної камери не менше 0.2...0.3 метра. Таке розміщення супроводжує конвекції та рівномірне охолодження всіх плодів в охолоджуваному обсязі. Холодильне обладнання для камер зберігання фруктів може включати один або кілька повітроохолоджувачів. Два і більше охолоджувача повітря використовують при будівництві холодильних камер великого розміру, коли довжина повітряного потоку не достатня, щоб продути всю камеру. Кожен повітроохолоджувач забезпечується окремим терморегулюючим вентиляем, соленоїдний вентиль встановлюється один на лінії нагнітання. Системи управління холодильних камер обладнуються системами віддаленого моніторингу, такі системи можуть у реальному часі постачати оператора актуальною інформацією про роботу холодильного обладнання, налаштовувати обладнання, повідомляти про неполадки в роботі. Простіші щити управління холодильних камер для фруктів забезпечуються дводатчиковими контролерами Eliwell. Такі системи управління регулюють роботу холодильного компресора, керують подачею рідкого холодоагенту в систему, регулюють цикли відтайки, але не регулюють вологість камери. Кожна холодильна камера потребує регулярного обслуговування: чищення конденсатора повітряного охолодження, настроювання терморегулюючого вентиля перед зимовим або літнім циклом роботи, регулювання тиску фреону в холодильному контурі, планової заміни фільтрів-осушувачів. Такі дії довіряють спеціальним службам із сервісного обслуговування та ремонту холодильного обладнання. [5]

					KM 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи - виконати газодинамічний розрахунок і розробку теоретичних креслень проточної частини відцентрового вентилятора продуктивністю 250 м³/год для системи охолодження та вентиляції установки для зберігання плодоовочевої продукції з умовною місткістю 150 т.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити **ряд задач**:

- уточнення та верифікація запропонованої методики газодинамічного розрахунку;
- розрахунок робочого колеса на задані параметри;
- розробка теоретичного креслення робочого колеса;
- теоретичні креслення та рекомендації по виконанню корпусавлика;
- загальні рекомендації по виконанню вентилятора в цілому з урахуванням вимог міцності, вібрації, шуму.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЛОДООВОЩЕСХОВИЩ

Холодильні камери з недавніх пір стають обов'язковою частиною обладнання більшості торгових точок, складських комплексів, центрів реалізації квітів, виробничих цехів підприємств, продукція яких вимагає особливих умов зберігання. Перевага їх у тому, що вони прості у виготовленні, легко монтується власними силами підприємства, не потребує особливого догляду та обслуговування, може будь-якої миті бути демонтована (наприклад, після закінчення терміну оренди складського приміщення або переїзду торгової точки) та встановлена на новому місці без шкоди якості.

Основою пристроїв є сендвіч-панелі для холодильних камер, що випускаються стандартних розмірів та товщини. Це тришарові конструкції на основі пінополіуретану, з двох сторін яких проклеєні оцинковані листи сталі із захисним покриттям. Листи застосовуються гладкі або перфоровані. Пінополіуретан є ідеальним термоізолюючим матеріалом, коефіцієнт теплопровідності якого становить всього $k=0,022$ Вт/м²К, тому стіни цих матеріалів відмінно зберігають внутрішню температуру.

Стандартні розміри сендвіч-панелей дозволяють не тільки просто зібрати корпус пристрою, але й за необхідності розширити його об'єм, вставляючи в готову конструкцію, що знаходиться в експлуатації, додаткові модулі або спеціальні панельні пояси. [6]

Товщина

При виборі товщини панелі важливо врахувати кілька параметрів:

- температурний перепад - максимально можлива дельта між температурою всередині та зовні камери при експлуатації;
- вологість у приміщенні. У приміщеннях з високою вологістю товщину теплоізоляції треба також збільшити для запобігання випаданню конденсату на поверхні панелі.
- наявність або відсутність сонячної радіації, тобто. потрапляння прямих сонячних променів, наприклад, при установці на вулиці, або потрапляння прямого сонячного світла через вікно у приміщенні.

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

КМ 17.00.00.00 ПЗ

Точний розрахунок необхідної товщини панелі для холодильної камери може зробити фахівець з урахуванням ще декількох параметрів, але для звичайних, типових випадків зберігання продукції в ресторані, магазині можна орієнтуватися на наступні рекомендації:

- панель 80 мм достатня для холодильної камери (середньотемпературний діапазон зберігання від +10 до -5°C),
- панель 100мм - для морозильної камери (низькотемпературний діапазон зберігання від -15 до -20°C). [7]

Теплоізоляція

Найбільш поширеним варіантом утеплювального матеріалу є пінополіуретан і відносно новий тип утеплювача – поліізоціанурат – що відрізняється вищим рівнем вогнестійкості. Якість теплоізоляції можна визначити за показниками теплопровідності, вони повинні бути в діапазоні 0,019-0,025 Вт*К/м. Чим менша цифра, тим вищий рівень теплоізоляції. [8]

Типи теплоізоляції

Панелі виготовляються з різними осердями (наповнювач), кожен з яких має різні технічні характеристики, призначення, вагу, щільність та вартість. Сьогодні на вибір представлені наповнювачі з мінеральної вати, пінополіізоціанурату (оновлений пінополіуретан), пінополіуретану, пінополістиролу, змішаний наповнювач.



Рисунок 1.1 – Мінеральна вата

Поширений вид утеплювача, що виготовляється із силікатних розплавів

та має волокнисту структуру. Цей матеріал популярний у всьому світі, його часто використовують як утеплювач завдяки своїм високим показникам негорючості. Сендвіч-панелі з мінеральною ватою найчастіше застосовують для будівництва будівель підвищеного рівня займання, будівництва виробничих цехів.

Плюси:

- високі показники теплоізоляції;
- негорючість;
- відсутність температурної деформації;

Мінуси:

- велика вага;
- мінімальна вологостійкість;
- поступове зниження теплоізоляційних властивостей;
- підвищена проникність пари.

Панелі з мінватою повсюдно поширені та популярні за рахунок помірної ціни.



Рисунок 1.2 – Пінополіуретан.

Ключова перевага – абсолютна стійкість до вологи, низький коефіцієнт теплопровідності, а також довговічність, невелика вага, але в оночас міцність. Пінополіуретан не входить у хімічну реакцію з лугами, різними кислотами. Плити з ППУ використовують для будівництва холодильних камер та зберігання харчових продуктів у них. Це один із найбільш універсальних та

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

безпечних матеріалів. Однак найбільшим недоліком ППУ є їхня горючість. Тому панелі з ним в основі не використовуються для будівництва об'єктів підвищеної небезпеки.

Плюси:

- стійкість до навантажень, деформацій будь-якого характеру (температурні, механічні);
- дуже низька теплопровідність;
- абсолютна стійкість до біологічних та інших впливів;
- довговічність та екологічність;
- стійкість до корозії

Мінуси:

- висока горючість.
- При попаданні прямих сонячних променів стає темним та поступово розсипається.

Рисунок 1.3 – ПінополітеролЗм.

Найдешевший матеріал

Плюси:

- високі показники теплоізоляційних та звукоізоляційних властивостей;
- ціна
- менша вага порівняно з мінватою;

Мінуси:

- горючість
- недовговічність
- привабливий для гризунів та птахів. Необхідно закрити доступ металевою обробкою

Рисунок 1.4 – Пінополіізоціанурат

Це трішки дорожчий матеріал від пінополіуретану, але на відміну від нього він має покращені характеристики за рахунок технології виробництва. В результаті пінополіізоціанурат більш стійкий до високих температур та вогню.

	Плюси:				КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		10

- мінімальний показник теплопровідності - нижче, ніж в інших матеріалів, що використовуються як утеплювач;
- еластичність, екологічність, міцність;
- стійкість до деформацій;
- дуже висока адгезія з бетоном, металів, склом та іншими матеріалами;
- вогнестійкість, довговічність, стійкість до корозії.

Мінуси:

- висока ціна;
- вразливий під прямим сонячним промінням.

Змішаний утеплювач (комбінований)

Тип утеплювача, який виготовляється з декількох видів матеріалів: мінвати та пінополістиролу. Вони укладаються шарами, склеюються клеєм по всій поверхні. Такий утеплювач має плюси використовуваних матеріалів, але і включає їх мінуси. Типи обшивки сендвіч-панелей Сендвіч-панелі виготовляються з різними видами обшивки – зовнішніми листами. Тип обшивки підбирається в залежності від цілей, для яких панель використовується.



Рисунок 1.5 – Металева обшивка

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Найпоширеніший варіант для будівництва зовнішніх стін із панелей типу сендвіч. Обшивка виготовляється зі сталі (нержавіючої або оцинкованої), покривається полімером і має різний вид профілю - гладкий, накаткою, мікрохвилі або трапецієподібний. Фанера, гіпсокартон, ДВП, ЦСПЗм.



Рисунок 1.6 – Фанера, гіпсокартон, ДВП, ЦСП

Такою обшивкою, як правило, покривається один бік панелі. Друга – металом. Панелі з цією обшивкою не використовуються для будівництва зовнішніх стін, а призначені для створення перегородок. Перевага цього типу обшивки полягає у можливості зробити отвори для виведення розетки та прокладання електропроводки, установки декору, полиць тощо.



Рисунок 1.7 – ПВХ-обшивка

Панелі з цією обшивкою застосовуються тільки для внутрішніх робіт: створення перегородок в офісах, будинках. Панелями можна обшивати вікна, двері, укоси. Як утеплювач виступає пінопласт, ППУ або пінополістирол.

Папір просочується бітумом чи доповнюється поліетиленом, фольгою. Панелі з таким видом обшивки можуть використовуватись для теплоізоляції фундаменту, покрівлі, стін. Матеріал виділяється паронепроникністю, тому

часто використовується при внутрішній обробці покрівлі. Панелі з цією обшивкою мають малу вагу і допомагають економити під час перевезення та монтажу. Види замків сендвіч-панелей

Стінові та облицювальні сендвіч-панелі виготовляються з різними видами замків:

- шип-паз або пазогребневе з'єднання;
- потайне кріплення Secret-fix;
- подвійний затвор Z-Lock;
- Roof lock, фальцевий замок та шип-паз для покрівельних панелей.

Переваги при будівництві

Сендвіч-панелі в усьому світі вважаються оптимальним будівельним матеріалом через їхню одну з найважливіших переваг - швидкість будівництва. Жодна інша з існуючих технологій не дозволяє так швидко звести запланований об'єкт. Щоб побудувати склад із сендвіч-панелей площею 200 кв.м., потрібно 2-3 тижні.

Секрет такої швидкості криється в технології: панелі поставляються на будмайданчик у готовому до монтажу вигляді у необхідній кількості. Кріпляться на раніше зібраний металевий каркас шурупами без використання бетону та вологих закріплювачів, які вимагають часу для сушіння.

Архітектурна привабливість

Завдяки різним видам профілю панелі дозволяють реалізовувати будь-які архітектурні рішення в поєднанні з екстер'єром. Ще один плюс - широка різноманітність колірних схем. Крім доступних з каталогу RAL кольорів, панелі прикрашають з імітацією кладки цегли, каменю, дерев'яного зрубу. Це ключовий момент, коли під час будівництва важлива естетика.

Геометричні параметри

Панелі виробляються у кутовій та рівній формі. Кутові можуть бути з асиметричними сторонами для оздоблення кутів, створення стиків між вікнами тощо. Це прискорює монтаж, мінімізує кількість швів, набуває естетики та практичності.

Складання-розбирання

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		13

У питанні мобільності сендвіч-панелі є унікальними. Це єдиний будівельний матеріал, який можна розібрати, перевезти та знову зібрати в будь-якому іншому місці. Ця перевага розкриває себе і на момент реконструкції. Наприклад, якщо в період експлуатації панель була пошкоджена, її можна зняти та замінити іншою. Тобто не доведеться повністю розбирати конструкцію.

Недоліки сендвіч-панелей

Незважаючи на універсальність та практичність матеріалу, він має ряд недоліків, про які слід знати:

- Сендвіч панель менш міцність ніж традиціана цегла, при прямих ударах його легше пошкодити.
- До панелей не можна кріпити додаткові деталі інженерних систем чи конструкції.

Побудова із сендвіч-панелей

Універсальність матеріалу дозволяє використовувати його у будь-яких напрямках. Особливо якщо будується одноповерхова будівля. У цьому випадку сендвіч-панелі – один із найкращих варіантів. З їх допомогою будуються:

- Будь-які промислові, виробничі, сільськогосподарські будинки: склади, ангари, офісні будинки.
- Комерційні об'єкти: логістичні центри, магазини, супер- та гіпермаркети, торгові центри, кіоски, кафе та ресторани, АЗС, СТО.
- Спортивні споруди, спортивні майданчики.
- Приватні будинки, котеджі, дачі, прибудови.
- Холодильні камери. [9]

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

3 УТОЧНЕННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ МЕТОДИКИ ГАЗОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ

3.1 Моделювання вихідного вентилятора на повітрі

3.1.1 Постановка задачі. Критерії моделювання

Для розрахунку і конструювання вентилятора на піролізний газ виконуємо два види розрахунку:

1-й розрахунок – для робочого середовища повітря та продуктивності 75 м³/год (натурний варіант);

2-й розрахунок – для робочого середовища піролізний газ та продуктивності 75 м³/год (модельний варіант).

Потім визначаємо геометричну подібність основних розмірів, числа Маха та числа Рейнольдса, порівнюємо натурні та модельні розрахунки і визначаємо співвідношення безрозмірних коефіцієнтів продуктивності Q , напору H і ККД між натурним та модельним розрахунком.

Якщо геометричні розміри проточної частини обох варіантів рівні або дуже близькі, і близькі також критерії подібності (числа Маха і Рейнольдса), то з певною точністю можна вважати за коректне використання відомої методики розрахунку вентиляторів на повітрі для розрахунку вентилятора на натурному газі (піролізному), використовуючи для цього значення газодинамічних характеристик, \bar{Q} , \bar{H} і ККД одержаних для повітря.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

3.1.2 Розрахунок модельного вентилятора на 75 м³/год

Таблиця 1 – Початкові дані для розрахунку

№ п/п	Найменування параметру	Одиниці вимірювання	Значення
1	Продуктивність (за умовами всмоктування)	м ³ /год	75
2	Тиск робочий на всмоктуванні номінальний, збитковий	Па	300-350
3	Тиск робочий (за ПВ 100%) на нагнітанні, збитковий	Па	300-350
4	Регулювання продуктивності	Зміною передаточного відношення ремінної передачі	
5	Нагнітач	Відцентровий одноступеневий	
6	Діаметр колеса	мм	285
7	Частота обертання колеса	об/хв	1000-3000
8	Потужність, споживана нагнітачем, не більше	кВт	4
9	Охолодження	Повітряне	
10	Привод	Ремінна передача через контрпривод	

Таблиця 2 – Робоче середовище – повітря.

Речовина	Позначення	По об'єму, %	По масі, %
Азот	N ₂	78,084	75,5
Кисень	O ₂	20,9476	23,15
Аргон	Ar	0,934	1,292
Вуглекислий газ	CO ₂	0,03	0,046
Неон	Ne	0,001818	0,0014
Криптон	Kr	0,000114	0,003
Метан	CH ₄	0,0002	0,000084
Гелій	He	0,000524	0,000073
Водень	H ₂	0,00005	0,00008
Ксенон	Xe	0,0000087	0,00004

Розрахунок газової сталої робочого середовища:

$$R = 287 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Густина робочого середовища на всмоктуванні

$$\rho_{\text{вс}} = \frac{P_{\text{вс}}}{R \cdot T_{\text{вс}}},$$

де $P_{\text{вс}}$ – повний тиск на всмоктуванні в вентилятор, Па,

$T_{\text{вс}}$ – температура на всмоктуванні в вентилятор, К,

$$\rho_{\text{вс}} = \frac{101625}{287 \cdot 293,15} = 1,2079 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Густина робочого середовища на всмоктуванні

$$\rho_H = \frac{P_H}{R \cdot T_H},$$

де P_H – повний тиск на нагнітанні в вентилятор, Па,

T_H – температура на нагнітанні вентилятора, К,

$$T_H = T_{BC} \cdot \left(\frac{P_H}{P_{BC}} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 293,15 \cdot \left(\frac{101675}{101625} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 293,19$$

$$\rho_H = \frac{101675}{287 \cdot 293,19} = 1,2083 \text{ кг/м}^3.$$

Тиск робочого середовища за температури 20⁰С

$$P_{20} = P_H \cdot \left(\frac{T_{20}}{T_H} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 101675 \cdot \left(\frac{293,15}{293,19} \right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 101626 \text{ Па}$$

Густина робочого середовища за нормальних умов

$$\rho_{H,y} = \frac{P_{H,y}}{R \cdot T_{H,y}} = \frac{101626}{287 \cdot 273} = 1,297 \text{ кг/м}^3.$$

Швидкохідність вентилятора

$$n_y = \frac{n \cdot \sqrt{\frac{Q_{BC}}{3600}}}{\sqrt{H \cdot \sqrt{H}}},$$

де n – частота обертання валу вентилятора, об/хв,

Q_{BC} – продуктивність за умовами всмоктування, м³/год,

									Лист
									18
КМ 17.00.00.00 ПЗ									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

H – повний тиск за температури 20°C , кгс/м^2 , згідно з заданими початковими даними, повний тиск складає $10362,97 \text{ кгс/м}^2$, а перепад тисків у вентиляторів 50 Па .

$$n_y = \frac{3000 \cdot \sqrt{\frac{75}{3600}}}{\sqrt{10362,97} \cdot \sqrt{10362,97}} = 31.$$

Визначаємо коефіцієнти продуктивності та тиску, які відповідають розрахованій швидкості вентилятора (згідно рекомендацій для повітряних вентиляторів):

$$\bar{Q} = 0,068, \bar{H} = 0,293.$$

Визначаємо діаметр робочого колеса:

$$D_2 = \frac{60}{\pi \cdot n} \sqrt{\frac{H}{\rho \cdot \bar{H}}} = \frac{60}{3,14 \cdot 3000} \sqrt{\frac{10362,97}{1,293 \cdot 0,293}} = 0,293 \text{ м.}$$

Відносний діаметр входу в робоче колесо знаходимо за формулою:

$$\bar{D}_0 = 1,37 \cdot \frac{\sqrt{\bar{Q}}}{\sqrt[4]{\bar{H}}} = 1,37 \cdot \frac{\sqrt{0,068}}{\sqrt[4]{0,293}} = 0,486.$$

Коефіцієнт швидкості в мінімальному перерізі вхідного патрубку

$$\bar{c}_0 = \frac{\bar{Q}}{\bar{D}_0^2} = \frac{0,068}{0,486^2} = 0,288.$$

Визначаємо відносну ширину колеса на вході лопаток з умови, що $\bar{D}_1 =$

\bar{D}_0 :

					<i>КМ 17.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

$$\bar{b}_1 = 1,14 \cdot \bar{c}_0 \cdot \bar{D}_0 = 1,14 \cdot 0,288 \cdot 0,486 = 0,159.$$

Коефіцієнт радіальної складової абсолютної швидкості на виході з колеса визначається з умови, що $\bar{b}_2 = 0,159$:

$$\bar{c}_{2r} = \frac{\bar{Q}}{4 \cdot \bar{b}_2} = \frac{0,068}{4 \cdot 0,159} = 0,107.$$

Визначаємо відносний теоретичний напір вентилятора за умови, що $\eta_r = 0,96$:

$$\bar{H}_r = \frac{\bar{H}}{\eta_r} = \frac{0,293}{0,96} = 0,305.$$

За отриманими значеннями величин $\bar{H}_r, \bar{c}_{2r}, \bar{D}_1$ визначаємо кут $\beta_1 = \beta_2 = 20^\circ$ та число лопаток $z = 8$ шт.

Визначаємо кут виходу потоку з робочого колеса:

$$\alpha_2 = \arctg \frac{\bar{c}_{2r}}{\bar{H}_r} = \arctg \frac{0,107}{0,305} = 19,33^\circ.$$

На основі розрахованих відносних величин, визначаємо геометричні розміри робочого колеса відцентрового вентилятора:

- діаметр входу в робоче колесо

$$D_0 = (5 \div 7) \cdot D_2 \cdot \bar{D}_0 = 6,5 \cdot 0,293 \cdot 0,486 = 0,926 \text{ м} = 92,6 \text{ мм};$$

- ширину колеса на вході лопаток

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

$$b_1 = (2,2 \div 2,5) \cdot \bar{b}_1 \cdot D_2 = 2,4 \cdot 0,159 \cdot 0,293 = 0,112 \text{ м} = 11,2 \text{ мм};$$

- ширину колеса на виході лопаток

$$b_2 = (2,2 \div 2,5) \cdot \bar{b}_2 \cdot D_2 = 2,4 \cdot 0,159 \cdot 0,293 = 0,114 \text{ м} = 11,2 \text{ мм};$$

Розрахунок натурального вентилятора на 75 м³/год

Для досягнення коректного порівняння результатів з одержаними на модельному режимі, вихідні дані для розрахунків прийняті аналогічними, тобто згідно з табл. 1.

Таблиця 3 – Склад газу (заданий за умовами розрахунку замовником):

Компонент	Об'ємна частка, %
H ₂	15,92
CH ₄	20,42
CO	16,48
CO ₂	30,61
C ₂ H ₄	4,54
C ₂ H ₆	4,66
C ₃ H ₆	2,25
C ₃ H ₈	0,73
iC ₄ H ₁₀	0,92
nC ₄ H ₁₀	1,33
C ₂ H ₅ OH	0,25
iC ₅ , neo-C ₅	следи
H ₂ O	1,89

Розрахунок газової сталої робочого середовища:

$$R = \frac{R_{\mu}}{\mu_{\text{сум}}},$$

						Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КМ 17.00.00.00 ПЗ	21

де R_μ – універсальна газова стала, $R_\mu = 8314,4$ Дж/(моль · К),

$\mu_{\text{сум}}$ – мольна маса робочого середовища, кг/моль,

$$\mu_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot r_i,$$

де μ_i – молярна маса і-го компоненту суміші, кг/моль,

r_i – об'ємна частка і-го компоненту суміші,

$$\begin{aligned} \mu_{\text{сум}} &= (1 \cdot 2) \cdot 0,1592 + (12 + 1 \cdot 4) \cdot 0,2042 + (12 + 16) \cdot 0,1648 \\ &\quad + (12 + 16 \cdot 2) \cdot 0,3061 + (12 \cdot 2 + 1 \cdot 4) \cdot 0,0454 + (12 \cdot 2 + 1 \cdot 6) \\ &\quad \cdot 0,0466 + (12 \cdot 3 + 1 \cdot 6) \cdot 0,0225 + (12 \cdot 3 + 1 \cdot 8) \cdot 0,0073 \\ &\quad + (12 \cdot 4 + 1 \cdot 10) \cdot 0,0092 + (12 \cdot 4 + 1 \cdot 10) \cdot 0,0133 \\ &\quad + (12 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 16 + 1) \cdot 0,0025 + (1 \cdot 2 + 16) \cdot 0,0189 \\ &= 27,364 \text{ кг/моль,} \end{aligned}$$

$$R = \frac{8314,4}{27,364} = 303,844 \text{ Дж/(кг · К).}$$

Розрахунок показника адіабати:

$$k_{\text{сум}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{r_i}{k_i - 1}} + 1,$$

де k_i – показник адіабати і-го компоненту суміші,

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$k_{\text{сум}}$

$$= \frac{1}{\left(\frac{0,1592}{1,41-1}\right) + \left(\frac{0,2042}{1,32-1}\right) + \left(\frac{0,1648}{1,31-1}\right) + \left(\frac{0,3061}{1,31-1}\right) + \left(\frac{0,0454}{1,26-1}\right) + \left(\frac{0,0466}{1,2-1}\right) + \left(\frac{0,0225}{1,16-1}\right) + \left(\frac{0,0073}{1,14-1}\right) + \left(\frac{0,0092}{1,1-1}\right) + \left(\frac{0,0133}{1,1-1}\right) + \left(\frac{0,0025}{1,13-1}\right) \left(\frac{0,0189}{1,32-1}\right) + 1} = 1,28.$$

Густина робочого середовища на всмоктуванні

$$\rho_{\text{вс}} = \frac{P_{\text{вс}}}{R \cdot T_{\text{вс}}},$$

де $P_{\text{вс}}$ – повний тиск на всмоктуванні в вентилятор, Па,

$T_{\text{вс}}$ – температура на всмоктуванні в вентилятор, К,

$$\rho_{\text{вс}} = \frac{101625}{303,844 \cdot 293,15} = 1,1409 \text{ кг/м}^3.$$

Густина робочого середовища на всмоктуванні

$$\rho_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{R \cdot T_{\text{н}}},$$

де $P_{\text{н}}$ – повний тиск на нагнітанні в вентилятор, Па,

$T_{\text{н}}$ – температура на нагнітанні вентилятора, К,

$$T_{\text{н}} = T_{\text{вс}} \cdot \left(\frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{вс}}}\right)^{\frac{k-1}{k}} = 293,15 \cdot \left(\frac{101675}{101625}\right)^{\frac{1,28-1}{1,28}} = 293,18 \text{ К}$$

$$\rho_{\text{н}} = \frac{101675}{303,844 \cdot 293,18} = 1,141 \text{ кг/м}^3.$$

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Тиск робочого середовища за температури 20°C

$$P_{20} = P_H \cdot \left(\frac{T_{20}}{T_H}\right)^{\frac{k}{k-1}} = 101675 \cdot \left(\frac{293,15}{293,18}\right)^{\frac{1,28}{1,28-1}} = 101627 \text{ Па}$$

Густина робочого середовища за нормальних умов

$$\rho_{н.у} = \frac{P_{н.у}}{R \cdot T_{н.у}} = \frac{101627}{303,844 \cdot 273} = 1,225 \text{ кг/м}^3.$$

Швидкохідність вентилятора

$$n_y = \frac{n \cdot \sqrt{\frac{Q_{вс}}{3600}}}{\sqrt{H \cdot \sqrt{H}}},$$

де n – частота обертання валу вентилятора, об/хв,

$Q_{вс}$ – продуктивність за умовами всмоктування, м³/год,

H – повний тиск за температури 20°C, кгс/м², згідно з заданими початковими даними, повний тиск складає 10363,07 кгс/м², а перепад тисків у вентиляторів 50 Па.

$$n_y = \frac{3000 \cdot \sqrt{\frac{75}{3600}}}{\sqrt{10363,07 \cdot \sqrt{10363,07}}} = 31.$$

Визначаємо коефіцієнти продуктивності та тиску, які відповідають розрахованій швидкохідності вентилятора:

$$\bar{Q} = 0,068, \bar{H} = 0,343.$$

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Визначаємо діаметр робочого колеса:

$$D_2 = \frac{60}{\pi \cdot n} \sqrt{\frac{H}{\rho \cdot \bar{H}}} = \frac{60}{3,14 \cdot 3000} \sqrt{\frac{10363,07}{1,22 \cdot 0,343}} = 0,285 \text{ м.}$$

Відносний діаметр входу в робоче колесо знаходимо за формулою:

$$\bar{D}_0 = 1,37 \cdot \frac{\sqrt{\bar{Q}}}{\sqrt[4]{\bar{H}}} = 1,37 \cdot \frac{\sqrt{0,068}}{\sqrt[4]{0,343}} = 0,467.$$

Коефіцієнт швидкості в мінімальному перерізі вхідного патрубку

$$\bar{c}_0 = \frac{\bar{Q}}{\bar{D}_0^2} = \frac{0,068}{0,467^2} = 0,312.$$

Визначаємо відносну ширину колеса на вході лопаток з умови, що $\bar{D}_1 = \bar{D}_0$:

$$\bar{b}_1 = 1,14 \cdot \bar{c}_0 \cdot \bar{D}_0 = 1,14 \cdot 0,312 \cdot 0,467 = 0,166.$$

Коефіцієнт радіальної складової абсолютної швидкості на виході з колеса визначається з умови, що $\bar{b}_2 = 0,166$:

$$\bar{c}_{2r} = \frac{\bar{Q}}{4 \cdot \bar{b}_2} = \frac{0,068}{4 \cdot 0,166} = 0,102.$$

Визначаємо відносний теоретичний напір вентилятора за умови, що $\eta_r = 0,96$:

$$\bar{H}_r = \frac{\bar{H}}{\eta_r} = \frac{0,343}{0,96} = 0,357.$$

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					25

За отриманими значеннями величин $\bar{H}_T, \bar{c}_{2r}, \bar{D}_1$ визначаємо кут $\beta_1 = \beta_2 = 20^\circ$ та число лопаток $z = 8$ шт.

Визначаємо кут виходу потоку з робочого колеса:

$$\alpha_2 = \arctg \frac{\bar{c}_{2r}}{\bar{H}_T} = \arctg \frac{0,121}{0,357} = 18,7^\circ.$$

На основі розрахованих відносних величин, визначаємо геометричні розміри робочого колеса відцентрового вентилятора:

- діаметр входу в робоче колесо

$$D_0 = (5 \div 7) \cdot D_2 \cdot \bar{D}_0 = 6,5 \cdot 0,285 \cdot 0,467 = 0,865 \text{ м} = 86,5 \text{ мм};$$

- ширину колеса на вході лопаток

$$b_1 = (2,2 \div 2,5) \cdot \bar{b}_1 \cdot D_2 = 2,4 \cdot 0,166 \cdot 0,285 = 0,114 \text{ м} = 11,4 \text{ мм};$$

- ширину колеса на виході лопаток

$$b_2 = (2,2 \div 2,5) \cdot \bar{b}_2 \cdot D_2 = 2,4 \cdot 0,166 \cdot 0,285 = 0,114 \text{ м} = 11,4 \text{ мм};$$

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

3.1.3 Порівняння характеристик на газі і на повітрі

Для порівняння натурального та модельного вентилятора результати розрахунку обох варіантів занесемо до таблиці 4.

Таблиця 4 – Результати розрахунку натурального та модельного вентилятора

Робоче середовище	D_1 , мм	$d_{вТ}$, мм	b_1 , мм	D_2 , мм	b_2 , мм	β_1 , °	β_2 , °
Піролізний газ	86,5	26	11,4	285	11,4	202	20
Повітря	92,6	26	11,2	293	11,2	20	20

Порівняння геометричних параметрів свідчить про майже повну геометричну подобу варіантів. Відхилення не перевищує 2,7 %.

За результатами розрахунків визначаємо числа Маха та критерій Рейнольдса для натурального та модельного вентиляторів:

- для натурального вентилятора

$$M = \frac{U_2}{a_{вс}} = \frac{44,75}{428,97} = 0,104,$$

$$Re = \frac{U_2 \cdot D_2}{\nu} = \frac{44,75 \cdot 0,285}{14,75 \cdot 10^{-4}} = 8647;$$

- для модельного вентилятора

$$M = \frac{U_2}{a_{вс}} = \frac{44,75}{436,02} = 0,103,$$

$$Re = \frac{U_2 \cdot D_2}{\nu} = \frac{44,75 \cdot 0,293}{15,06 \cdot 10^{-4}} = 8706.$$

Проаналізувавши одержані показники подібності, можна зробити висновок про рівність безрозмірних коефіцієнтів продуктивності Q , напору H і ККД.

Таким чином, розрахунок проектного вентилятора продуктивністю $250 \text{ м}^3/\text{год}$ можемо виконувати для повітря.

Це означає, що названі коефіцієнти, визначені для повітряного вентилятора, можуть бути використані для розрахунку газового вентилятора з подібними геометричними параметрами (при рівності чисел Маха та Рейнольдса).

Головний висновок: запропонована методика розрахунку вентилятора коректна.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

3.2 Газодинамічний розрахунок вентилятора на задані параметри
(250 м³/год)

Таблиця 5 – Початкові дані для розрахунку

№ п/п	Найменування параметру	Одиниці вимірювання	Значення
1	Продуктивність (за умовами всмоктування)	м ³ /год	250-50
2	Тиск робочий на всмоктуванні номінальний, збитковий	Па	300-350
3	Тиск робочий (за ПВ 100%) на нагнітанні, збитковий	Па	300-350
4	Регулювання продуктивності	Зміною передаточного відношення ремінної передачі	
5	Нагнітач	Відцентровий одноступеневий	
6	Діаметр колеса	мм	285
7	Частота обертання колеса	об/хв	1000-3000
8	Потужність, споживана нагнітачем, не більше	кВт	4
9	Охолодження	Повітряне	
10	Привод	Ремінна передача через контрпривод	
11	Режим роботи	Постійний	

Згідно висновкам попередніх розрахунків вважаємо доведеним допустимість переносу результатів розрахованих геометричних параметрів для модельного середовища (повітря) на натурний газ (піролізний) за умов рівності критеріїв подоби (Маха та Рейнольдса). Тому нижче наведено розрахунок вентилятора 250 м³/год на повітрі.

Властивості газу аналогічні табл. 3.

Виконуємо розрахунок параметрів вентилятора.

Швидкохідність вентилятора

$$n_y = \frac{n \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{вс}}}{3600}}}{\sqrt{H} \cdot \sqrt{H}}$$

де n – частота обертання валу вентилятора, об/хв,

$Q_{\text{вс}}$ – продуктивність за умовами всмоктування, м³/год,

H – повний тиск за температури 20⁰С, кгс/м², згідно з заданими початковими даними, повний тиск складає 10362,97 кгс/м², а перепад тисків у вентиляторів 50 Па.

$$n_y = \frac{3000 \cdot \sqrt{\frac{250}{3600}}}{\sqrt{10362,97} \cdot \sqrt{10362,97}} = 103.$$

Визначаємо коефіцієнти продуктивності та тиску, які відповідають розрахованій швидкохідності вентилятора:

$$\bar{Q} = 0,229, \bar{H} = 0,293.$$

Визначаємо діаметр робочого колеса:

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$D_2 = \frac{60}{\pi \cdot n} \sqrt{\frac{H}{\rho \cdot \bar{H}}} = \frac{60}{3,14 \cdot 3000} \sqrt{\frac{10362,97}{1,22 \cdot 0,293}} = 0,293 \text{ м.}$$

Відносний діаметр входу в робоче колесо знаходимо за формулою:

$$\bar{D}_0 = 1,14 \cdot \frac{\sqrt{\bar{Q}}}{\sqrt[4]{\bar{H}}} = 1,14 \cdot \frac{\sqrt{0,229}}{\sqrt[4]{0,293}} = 0,742.$$

Коефіцієнт швидкості в мінімальному перерізі вхідного патрубку

$$\bar{c}_0 = \frac{\bar{Q}}{\bar{D}_0^2} = \frac{0,229}{0,742^2} = 0,416.$$

Визначаємо відносну ширину колеса на вході лопаток:

$$\bar{b}_1 = 1,14 \cdot \bar{c}_0 \cdot \bar{D}_0 = 1,14 \cdot 0,416 \cdot 0,742 = 0,362.$$

Коефіцієнт радіальної складової абсолютної швидкості на виході з колеса визначається з умови, що $\bar{b}_2 = 0,362$:

$$\bar{c}_{2r} = \frac{\bar{Q}}{4 \cdot \bar{b}_2} = \frac{0,229}{4 \cdot 0,362} = 0,158.$$

Визначаємо відносний теоретичний напір вентилятора за умови, що $\eta_r = 0,96$:

$$\bar{H}_T = \frac{\bar{H}}{\eta_r} = \frac{0,293}{0,96} = 0,305.$$

За отриманими значеннями величин \bar{H}_T , \bar{c}_{2r} , \bar{D}_1 визначаємо кут $\beta_1 = \beta_2 = 20^\circ$ та число лопаток $z = 8$ шт.

Визначаємо кут виходу потоку з робочого колеса:

									Лист
									31
КМ 17.00.00.00 ПЗ									
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$\alpha_2 = \arctg \frac{\bar{c}_{2r}}{\bar{H}_r} = \arctg \frac{0,158}{0,305} = 27,4^\circ.$$

На основі розрахованих відносних величин, визначаємо геометричні розміри робочого колеса відцентрового вентилятора:

- діаметр входу в робоче колесо

$$D_0 = (4,5 \div 6,5) \cdot D_2 \cdot \bar{D}_0 = 6 \cdot 0,293 \cdot 0,742 = 101,7 \text{ мм};$$

- ширину колеса на вході лопаток

$$b_1 = (2,2 \div 2,5) \cdot \bar{b}_1 \cdot D_2 = 2,4 \cdot 0,362 \cdot 0,293 = 0,255 \text{ м} = 25,5 \text{ мм};$$

- ширину колеса на виході лопаток за умови $\bar{b}_1 = \bar{b}_2$

$$b_2 = (2,2 \div 2,5) \cdot \bar{b}_2 \cdot D_2 = 2,4 \cdot 0,362 \cdot 0,293 = 0,255 \text{ м} = 25,5 \text{ мм}$$

В результаті розрахунку одержуємо геометричні параметри робочого колеса вентилятора та розробляємо його теоретичне креслення (рис. 1). Конфігурацію лопатей прийняти такою, як у прототипа.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32 32

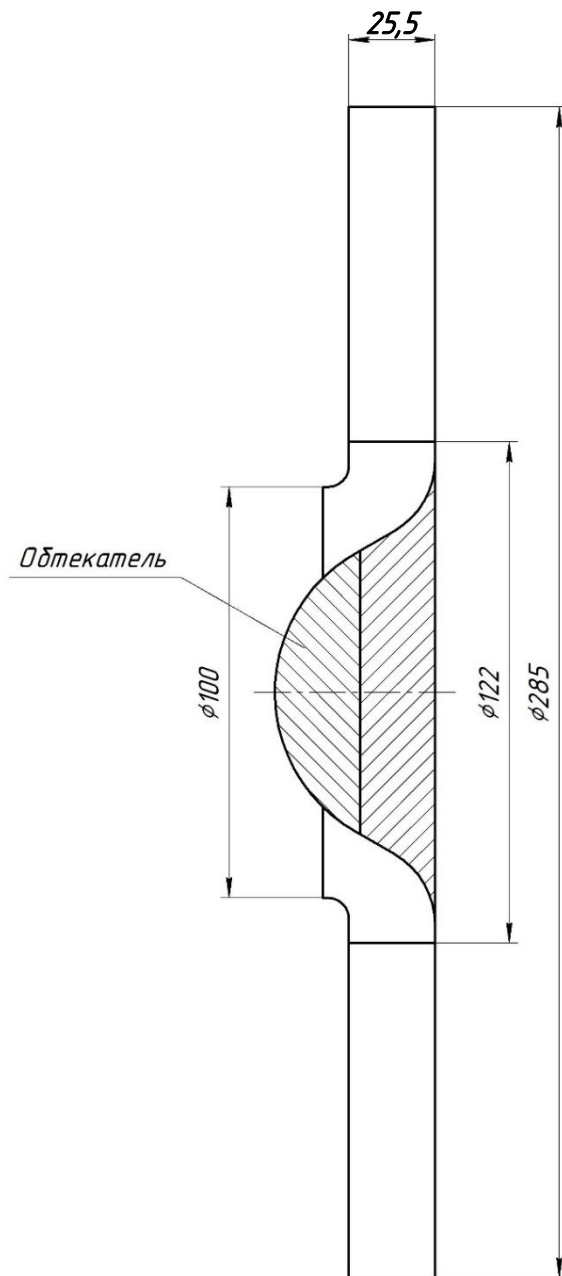


Рисунок 1 – Теоретичне креслення робочого колеса проектованого вентилятора

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

4 КОНСТРУКТИВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИКОНАННЮ КОРПУСУ- РАВЛИКА. ТЕОРЕТИЧНЕ КРЕСЛЕННЯ КОРПУСУ

4.1 Конструктивні рекомендації по проектуванню корпусу вентилятора

Корпус вентилятора має спіральну форму. Обичайка корпусу окреслена чвертями кіл за правилом так званого конструктивного квадрата. Причому сторона цього квадрата в 4 рази менша від розкриття корпусу. Поблизу робочого колеса обичайка закінчується язиком. Бічні стінки корпусу зі спіральною обичайкою зібрані на фальці або за допомогою зварювання.

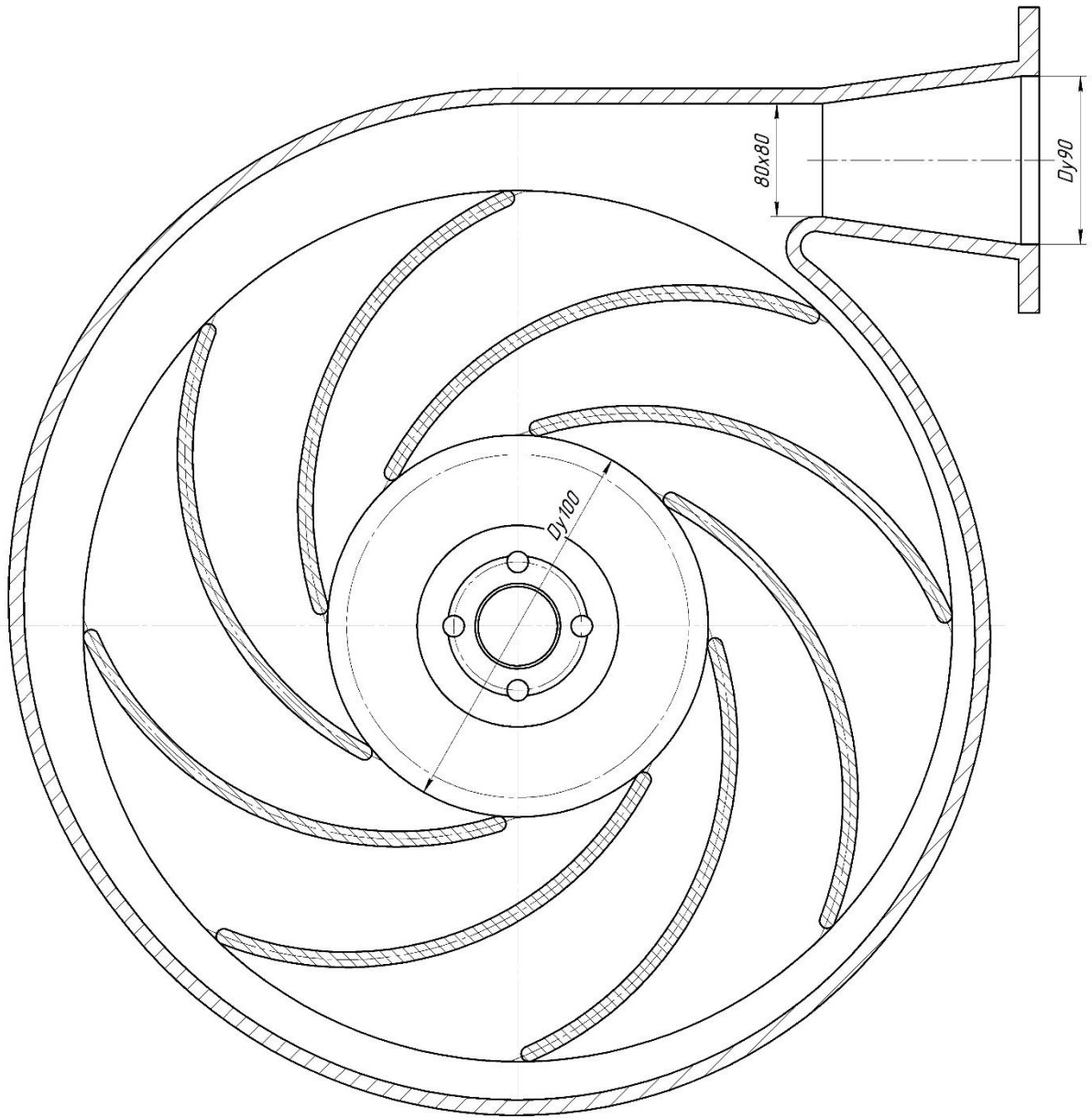
До передньої стінки корпусу за допомогою болтів прикріплені вхідний фланець та колектор конічної форми, до спіральної обичайки та стінок приварені (або прикріплені за допомогою болтів) куточки рамки вихідного патрубку прямокутної форми.

Корпус вентилятора поворотний, що допускає його встановлення у конкретні положення.

4.2 Теоретичне креслення корпусу вентилятора

За результатами розрахунку робочого колеса та наведеними вище рекомендаціями, виконуємо проектування корпусу вентилятора. Теоретичне креслення подано на рис. 3.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КМ 17.00.00.00 ПЗ

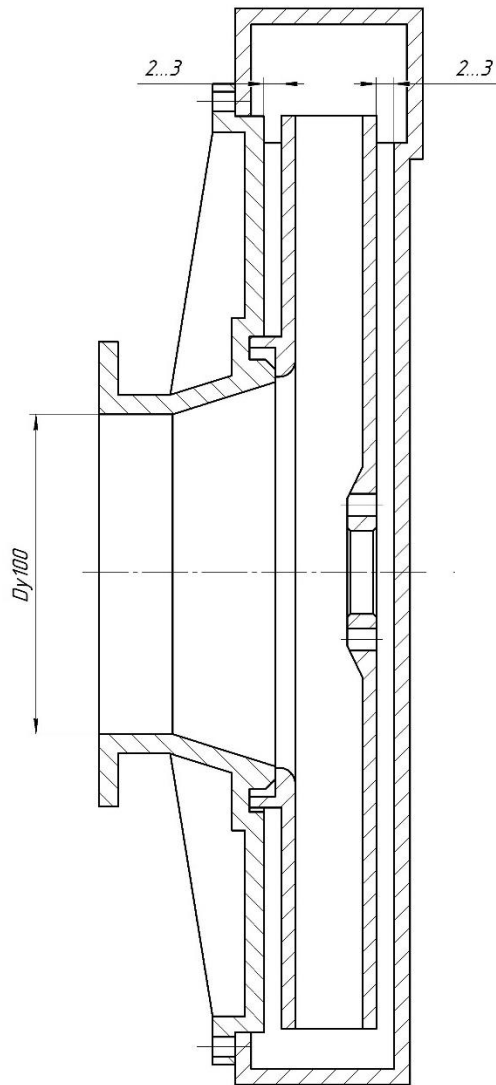


Рисунок 2 – Теоретичне креслення корпусу вентилятора

4.3 Розрахунок патрубків вентилятора

Для вентиляторів прийнято обирати швидкість газу в діапазоні 6...10 м/с.

Площа перетину патрубка дорівнює

$$F = \frac{V}{w'}$$

де V – продуктивність, м³/с

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Тоді діаметр патрубку дорівнює

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot F}$$

Отже діаметр вхідного патрубка визначаємо для $w = 8$ м/с

$$d_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot F_{\text{вх}}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{V_{\text{вх}}}{w_{\text{вх}}}} = \sqrt{\frac{4}{3,14} \cdot \frac{250}{3600 \cdot 8}} = 0,105 \text{ м}$$

Діаметр вихідного патрубка визначаємо для $w = 10$ м/с

$$d_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot F_{\text{вих}}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{V_{\text{вих}}}{w_{\text{вих}}}} = \sqrt{\frac{4}{3,14} \cdot \frac{250}{3600 \cdot 10}} = 0,094 \text{ м}$$

Результати розрахунків округляємо до стандартних значень умовних проходів труб Ду 100 і Ду90.

4.4 Рекомендації до виконання конструкції вентилятора

4.5 До загальної конструкції

Робоче колесо слід виготовляти з силуминових сплавів методом ливарним або штамповкою (вочевидь і у прототипу). Обов'язкове статичне балансування робочого колеса.

Вентилятор потребує електродвигуна для приводу робочого колеса, що скоріше за все, призведе до збільшення діаметру вала.

Бажано збільшити посадковий діаметр консолі вала (під колесом), відповідно потовщити ступічну частину колеса

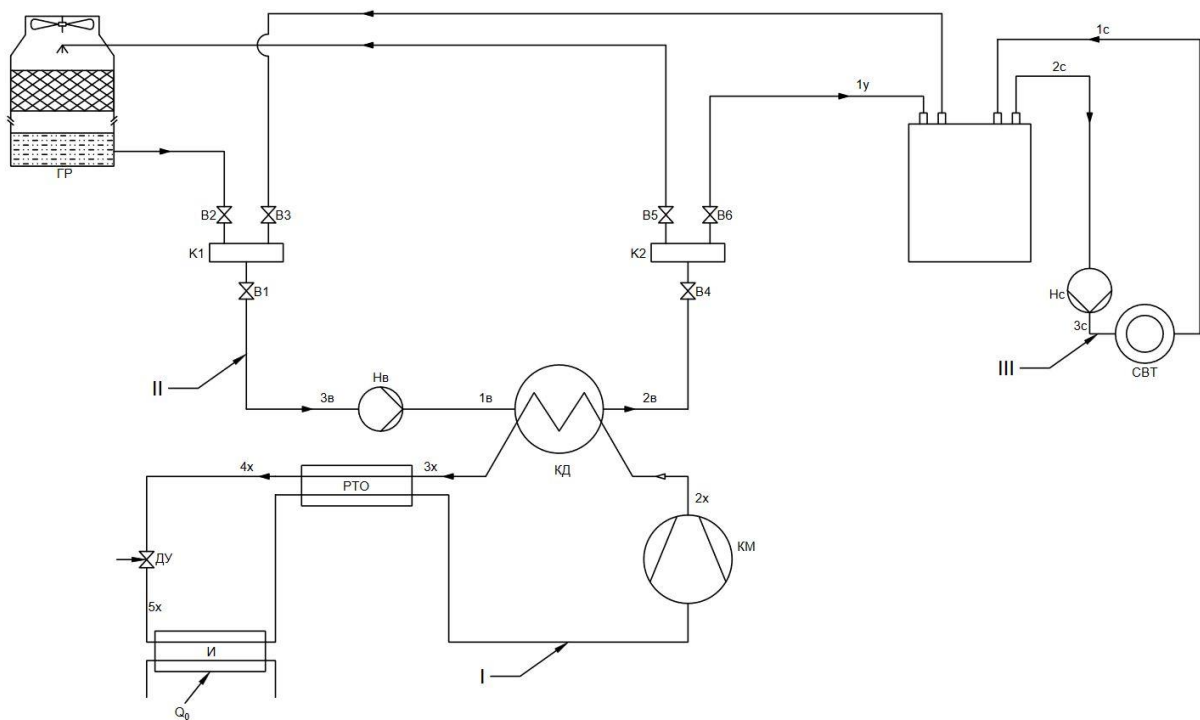
					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

5. УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

В таблиці 1 наведені вихідні дані для виконання розрахункової роботи. На рисунку 1 зображено схему утилізації тепла конденсації холодної установки.

Таблиця 1 – вихідні дані

Модель компресора BITZER	$\frac{t_0}{t_k}$	$\frac{\dot{Q}_0}{Ne}$	$\frac{t_{1в}}{t_{2в}}$	Технологія теплостачання	$\frac{t_{1с}}{t_{2с}}$
	°C	кВт	°C		°C
НСКС 6451-504, напівгерметичний гвинтовий R134а, $V_h =$ $169 \frac{м^3}{ч}$	$\frac{-10}{26}$	$\frac{72,12}{17,26}$	$\frac{20}{24}$	ГВС	$\frac{55}{60}$



Рисунку 1 – схема утилізації тепла конденсації холодної установки

Контур циркуляції холодної агента холодної машини:

КМ – компресор

КД – конденсатор

В – випарник

ДУ – дросель

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КМ 17.00.00.00 ПЗ

Лист

38

38

Контур охолодження холодоносія для конденсатора:

ГР – градирня

Нв – насос водяний

ТН – тепловий насос

К1, К2 – колектор

В1...В6 – вентиль перемикання потоку охолоджуваної води

Вторинний контур теплового насосу:

Нс – насос мережевої води

СВТ – система водяного теплопостачання.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39 39

РОЗРАХУНОК ПЕРВИННОГО КОНТУРУ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ

Знайдемо тепловий потік конденсації, який відводиться від холодильного агенту згідно I закону термодинаміки:

$$\dot{Q}_{\text{кд}} = \dot{Q}_0 + Ne = 72,12 + 17,26 = 89,38 \text{ кВт}$$

Масова витрата води, необхідна для відведення теплоти конденсації:

$$G_{\text{в}} = \frac{\dot{Q}_{\text{кд}}}{\bar{c}_{\text{в}} \cdot (t_{2\text{в}} - t_{1\text{в}})} = \frac{89,38}{4,205 \cdot (24 - 20)} = 5,314 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \text{ де}$$

$\bar{c}_{\text{в}}$ – середня теплоємність води в інтервалі температур $t_{2\text{в}}, t_{1\text{в}}$.

Об'ємна витрата води, необхідна для відведення теплоти конденсації:

$$V_{\text{в}} = \frac{G_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{5,314}{1000} = 5,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Наближене значення втрати тиску в контурі приймаємо

$$\Delta p_{\text{пк}} = 400 \text{ кПа.}$$

Потужність вторинного контуру теплового насосу:

$$N_{\text{Нв}} = \frac{\Delta p_{\text{пк}} \cdot V_{\text{в}}}{\eta_{\text{н}}} = \frac{400 \cdot 10^3 \cdot 5,314 \cdot 10^{-3}}{0,65} = 3,27 \text{ кВт, де}$$

$\eta_{\text{н}}$ – КПД насосу.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Прийемо, що втрати тепла в навколишнє середовище з конденсатора становить 2%, тоді теплопродуктивність теплового насосу:

$$\dot{Q}_T = 0,98 \cdot \dot{Q}_{кд} = 0,98 \cdot 89,38 = 87,6 \text{ кВт}$$

Параметри холодильного агента заносимо до таблиці 2.

Таблиця 2 – параметри холодильного агента в характерних точках циклу.

Параметри	Характерні точки циклу						
	1	2	3	4	5	6	7
p, бар	4,88	18,9	18,9	18,9	18,9	4,88	4,88
t, °C	25	85	65	60	54	15	15
i, кДж/кг	415,6	454,7	295,7	287,4	277,6	277,6	405,8
v, м ³ /кг	0,0442	-	-	-	-	-	-

Ентальпія в т.5 холодильного агента після регенеративного теплообмінного апарату:

$$h_5 = h_4 + h_7 - h_1 = 287,4 + 405,8 - 415,6 = 277,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома робота компресора:

$$l_{KM} = h_2 - h_1 = 454,7 - 415,6 = 39,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий тепловий потік в конденсаторі:

$$q_T = h_2 - h_3 = 454,7 - 295,7 = 159 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий тепловий потік в субкулері:

$$q_{ск} = h_3 - h_4 = 295,7 - 287,4 = 8,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий тепловий потік в регенеративному теплообмінному апараті:

$$q_{рт} = h_4 - h_5 = 287,4 - 277,6 = 9,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий тепловий потік в випарнику:

$$q_B = h_7 - h_6 = 405,8 - 277,6 = 128,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Масова витрата холодильного агенту:

$$G_a = \frac{\dot{Q}_T}{q_T} = \frac{87,6}{159} = 0,551 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Споживана енергія компресора:

$$Ne_{KM} = G_a \cdot l_{KM} = 0,551 \cdot 39,1 = 21,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий тепловий потік в субкулері:

$$\dot{Q}_{СК} = G_a \cdot q_{СК} = 0,551 \cdot 8,3 = 4,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий тепловий потік в регенеративному теплообмінному апараті:

$$\dot{Q}_{РТ} = G_a \cdot q_{РТ} = 0,551 \cdot 9,8 = 5,4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий тепловий потік в випарнику:

$$\dot{Q}_B = G_a \cdot q_B = 0,551 \cdot 128,2 = 70,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Результуючий тепловий потік, який передається на нагрівання мережевої води:

$$\dot{Q}_{ТН} = \dot{Q}_{СК} + \dot{Q}_T = 4,6 + 87,6 = 92,2 \text{ кВт}$$

Масова витрата мережевої води:

$$G_c = \frac{\dot{Q}_{ТН}}{\bar{c}_c \cdot (t_{2c} - t_{1c})} = \frac{92,2}{4,213 \cdot (60 - 55)} = 4,377 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \text{ де}$$

\bar{c}_c – середня теплоємність води в інтервалі температур t_{2c}, t_{1c} .

Об'ємна витрата мережевої води:

									Лист
									43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					43

КМ 17.00.00.00 ПЗ

$$V_c = \frac{G_c}{\rho_c} = \frac{4,377}{980} = 4,466 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Наближене значення втрати тиску в контурі ІІІ приймаємо

$$\Delta p_{\text{ІІІ}} = 400 \text{ кПа.}$$

Потужність контуру ІІІ теплового насосу:

$$N_{\text{Нс}} = \frac{\Delta p_{\text{ІІІ}} \cdot V_{\text{в}}}{\eta_{\text{н}}} = \frac{400 \cdot 10^3 \cdot 4,466 \cdot 10^{-3}}{0,65} = 2,75 \text{ кВт, де}$$

$\eta_{\text{н}}$ – КПД насосу.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

6 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Небезпечні і шкідливі фактори компресорного виробництва

Розглянемо небезпечні і шкідливі фактори холодильно-компресорного виробництва.

Небезпечними основними потенційними факторами при роботі компресора можуть бути:

- вибухонебезпечність;
- пожежонебезпека;
- ураження електричним струмом.

До шкідливих потенційним чинників відносять:

- шум при роботі агрегату;
- вібрація.

Протипожежний захист має забезпечуватися:

- засобами пожежогасіння;
- автоматичними установками пожежної сигналізації та пожежогасіння;
- засобами індивідуального та колективного захисту людей від небезпечних факторів пожежі.

У виробничому приміщенні застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, схоронність електронного устаткування. Діелектричні властивості CO₂, дозволяють використовувати дані вогнегасника в разі неможливості знеструмлення агрегату.

Небезпечним називається виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до травми або іншого раптового різкого погіршення здоров'я. Якщо ж виробничий фактор призводить до захворювання або зниження працездатності, то його вважають шкідливим (ГОСТ 12.0.002-80).

						Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Шкідливі чинники погіршують умови праці, знижують його продуктивність, а при тривалому впливі можуть стати причиною професійних захворювань, загострення захворювань, не пов'язаних з виробництвом, зниження опірності організму. Залежно від рівня і тривалості впливу шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним.

У ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація »наводиться класифікація елементів умов праці, які виступають в ролі небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Вони підрозділяються на чотири групи: фізичні хімічні, біологічні та психофізичні. До небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться: незадовільні метеорологічні умови; забрудненість повітря виробничого пилом і шкідливими речовинами; несприятливий освітлення; шум і вібрація, що перевищують допустимі норми; підвищений рівень іонізуючих випромінювань; рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, які рухаються виробу (матеріали, заготовки), руйнуються конструкції і ряд інших чинників.

Попередження виникнення шкідливих виробничих факторів можливо тільки при строгому дотриманні санітарно-гігієнічних вимог і норм, визначених Санітарними нормами (СН), відповідними главами Будівельних норм і правил (СНіП) і Державними стандартами (ГОСТ).

Шкідливими називаються речовини, які при контакті з організмом людини в разі порушень вимог безпеки можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення в стані здоров'я, що визначаються сучасними методами, як в процесі роботи, так і у віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь.

Надійність і безпека обладнання закладається при його проектуванні, забезпечується при виготовленні, контролюється при експлуатації і відновлюється при ремонті.

Нагляду підлягає проектна та конструкторська документація, виробу машинобудування (машини, апарати, судини, технологічні трубопроводи, трубопровідна арматура, складальні одиниці, елементи, деталі). До переліку піднаглядний продукції входять також прилади контролю та регулювання

						Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

технологічних процесів, програмно-технічні комплекси управління технологічними процесами, системи протиаварійного захисту, їх елементи, вибухозахищене обладнання.

Обладнання повинно відповідати встановленим вимогам технічної безпеки, загальних правил вибухо- і пожежобезпеки виробничих комплексів, правилам будови і безпечної експлуатації повітряних чи газових компресорів.

Основні небезпечні та шкідливі чинники компресорного устаткування:

- обертів частини;
- дія предметів, що розлітаються в результаті вибуху, або від значних статичних і динамічних навантажень (тиск газу або повітря, статичні і циклічні навантаження, вібрація);
- підвищена температура поверхні компресора і трубопроводів;
- віброшумове вплив на працюючих;
- порушення чистоти повітря робочої зони (при наявності витоків газу і викиду відпрацьованих газів приводом);
- електромагнітний вплив на працюючих; підвищене значення напруги в електромережі, коротке замикання при якому електричний струм проходить через тіло людини;
- підвищена рухливість повітря;
- гострі кромки на поверхні деталей і інструменту.

Керівники підприємства, власник, зобов'язані щорічно розробляти та реалізовувати організаційно-технічні заходи для створення безпечних і нешкідливих умов праці при експлуатації компресорного устаткування, які повинні відповідати вимогам чинних законодавчих і нормативних актів про охорону праці та нормативно-технічної документації, забезпечувати постійний контроль за відповідністю обладнання умовами безпеки, дотримання працівниками вимог норм і правил з охорони праці та обслуговування р обоча місця, використання індивідуальних засобів захисту.

В даний час підприємства мають зношений парк обладнання (об'єктів), а коштів для його заміни і модернізації у них недостатньо. Тому підвищення його надійності і безпечної експлуатації є актуальним завданням. Необхідно

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47 47

продовжувати залишковий ресурс об'єктів і економити кошти при проведенні ремонтів.

Не допускається залишати працюючі компресори (крім повністю автоматизованих) без нагляду осіб, допущених до їх обслуговування.

Не допускається зберігання легкозаймистих рідин в приміщенні машинного залу компресорної установки.

Під час роботи компресорної установки слід контролювати:

- а) тиск і температуру стисненого газу після кожного ступеня стиснення;
- б) температуру стисненого газу після холодильників;
- в) безперервність надходження в компресори і холодильники охолоджуючої води;
- г) температуру охолоджуючої води, що надходить і виходить із системи охолодження по точках;
- д) тиск і температуру масла в системі змащення;
- е) величину струму статора, а при синхронному електроприводі - струму ротора електродвигуна;
- ж) правильність дії лубрикантів і рівень масла в них. Показання приладів через встановлені інструкцією проміжки часу, але не рідше ніж через дві години, повинні реєструватися в журналі обліку роботи компресора.

Застосування відкритого вогню в приміщенні компресорної станції не допускається. Виробництво монтажних і ремонтних робіт із застосуванням відкритого вогню та електрозварювання в приміщенні компресорної станції, проводиться відповідно до вимог нормативно-технічної документації на проведення цих робіт.

Повітропроводи і газопроводи слід укладати з ухилом 0,005 в бік лінійних водовідокремлювачів. Слід виключати утворення застійних зон і ділянок, де можуть накопичуватися конденсат або масло.

На окремих ділянках трубопроводів, де можливе скупчення води і масла, слід встановлювати лінійні водороздільники з автоматичною або ручною продувкою, доступні для обслуговування.

									Лист
									48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					48

Всі пристрої для видалення скупчуються в повітропроводі масла і води необхідно регулярно перевіряти обслуговуючим персоналом. У разі замерзання цих пристроїв відігрівання їх дозволяється проводити гарячою водою, парою або гарячим повітрям. Застосування для цієї мети відкритого джерела вогню не допускається. [7]

5.2 Ураження електричним струмом

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, а також статичної електрики.

Небезпека ураження електричним струмом, на відміну від інших небезпек, посилюється тим, що людина не може без спеціальних приладів виявляти присутність високої напруги дистанційно. Найчастіше виявлення небезпеки відбувається в момент отримання травми.

Основними джерелами ураження електричним струмом є:

- випадковий дотик до струмоведучих частин, що знаходяться в даний момент під напругою;
- несправність захисних засобів, за допомогою яких відбувається контакт робітника з струмоведучих частин;
- поява напруги на металевих частинах виробничого обладнання (огорожах, корпусах і ін.) Нормально не знаходяться під напругою. Останнє відбувається в результаті пошкодження ізоляції струмоведучих частин електрообладнання;

Результат впливу електричного струму на людину може призводити до наступного: виникають порушення діяльності життєво важливих органів людини (мозок, серце, легені); опіки окремих ділянок тіла; нагрів кровоносних судин, а також, що супроводжує перебіг по тілу електричного струму, судомні скорочення м'язів серця і легенів, аж до повного припинення діяльності органів дихання і кровообігу.

Вимоги з електробезпеки регламентовані ГОСТ 12.1.030-81

						Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Захисне заземлення і занулення повинно забезпечувати захист людей від ураження електрично струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Захисного заземлення та занулення підлягають металеві частини електроустановок, доступні для дотику людини і не мають інших видів захисту, що забезпечують електробезпеку.

Захисне заземлення або занулення електроустановок слід виконувати:

- при номінальній напрузі 380В і вище змінного струму 440В і вище постійного струму в усіх випадках;

- при номінальній напрузі від 42 В до 380 В змінного струму і від 110В до 440В постійного струму при роботах в умовах з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних по ГОСТ 12.1.013-78.

Заходи, що запобігають вплив електричного струму на людину, передбачені ГОСТ 12.1.010-76

Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати:

- захисні огорожі;
- ізоляція струмоведучих частин;
- захисні відключення;
- засоби індивідуального захисту;
- захисне заземлення (при пошкодженні ізоляції). [7]

5.3 Вібрація

Джерелами виникнення вібрації є:

- невірноважені обертові маси агрегату;
- удари деталей (зубчасті зачеплення, підшипникові вузли);
- дефекти і розпушеності з'єднань окремих частин машини.

Вібробезпечною повинна забезпечуватися:

- дотриманням правил і умов експлуатації;
- підтриманням належного технічного стану машини;
- своєчасним проведенням планово-попереджувальних ремонтів;

						Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

- застосуванням засобів індивідуального захисту від вібрацій.

Найбільш небезпечним діянням вібрації є вплив її на людину обслуговуючого обладнання.

Вплив вібрації на людину-оператора, тобто людини більшу частину часу перебуває в безпосередній близькості з машиною, класифікується:

- за способом передачі вібрації на людину;
- у напрямку дії вібрації;
- по тимчасовій характеристиці вібрації.

Як фактори, що впливають на ступінь і характер несприятливого впливу, повинні враховуватися:

- ризик прояву різних патологій, аж до професійної вібраційної хвороби;
- показники фізичного навантаження і нервово-емоційної напруги;
- вплив супутніх чинників посилюють вплив вібрації (охолодження, вологість, шум і т.п.);
- тривалість і переривчастість впливу вібрацій;
- тривалість робочої зміни. [9]

5.4 Вибухонебезпечність

Джерелами виникнення вибуху може бути недоброякісна мастило, гідро-пневмоудари, знаходження агрегату в зоні пожежі і вибухонебезпечних матеріалів. Для природного газу межа вибуховості 4,5-15%.

Вплив вибуху на людину може бути найрізноманітніше: травми, удари, опіки різного ступеня тяжкості, смерть.

Вимоги регламентовані ГОСТ 12.1.010-76

Виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність виникнення вибуху на будь-якому вибухонебезпечному ділянці протягом року становила 10^{-6} в разі технічної або економічної недоцільності забезпечення

						Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

зазначеної ймовірності виникнення вибуху виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність впливу небезпечних чинників вибуху на людей протягом року не перевищувала 106 на людину. При цьому прийняте значення ймовірності виникнення вибуху на будь-якому вибухонебезпечному ділянці повинно забезпечуватися і бути погоджено в установленому порядку з органами держнагляду.

Вибухонебезпечність повинна бути забезпечена вибухопопуредженням і вибухозахистом, а також організаційно-технічними заходами. [11]

5.5 Монтаж трубопроводів

Безпека експлуатації трубопроводів забезпечується їх правильним прокладанням, якісним монтажем, установкою компенсаторів і необхідної арматури, облаштуванням в необхідних випадках обігріву та дренажу,

контролю їх технічного стану і своєчасного ремонту.

Прокладка трубопроводів на підприємствах буває підземної в прохідних каналах (тунелях) і безканальної (безпосередньо в ґрунті).

Наземне прокладання трубопроводів виробляють на опорах, а надземне - на естакадах, стояках, кронштейнах, а також на колонах, стінах будівель. Трубопроводи наземного прокладання в рази служать довше, ніж підземні. Мінімальна висота прокладання трубопроводів - не менше, а над дорогами - не менше. Трубопроводи слід прокладати з певним ухилом в бік руху газу для видалення конденсату або масла, але необхідно уникати знижених ділянок і тупиків де може накопичуватися рідина. Паропроводи і газопроводи, в яких може утворюватися конденсат повинні мати дренажні пристосування для відведення конденсату і води.

З метою полегшення ремонту і монтажу фланцевих з'єднань їх необхідно розміщувати в зручних місцях. Забороняється розміщувати їх над проходами, робочими місцями, над електроустаткуванням. На кожному фланцевому

						Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

з'єднанні трубопроводу, по якому транспортуються хімічні речовини, повинен бути захисний кожух, який оберігає викид струмені небезпечної речовини під тиском.

З метою запобігання виникнення небезпечних теплових напружень (які можуть привести до розриву при охолодженні або вигину при нагріванні труб, відрив фланців) на трубопроводах передбачаються компенсуючі елементи. Компенсатори виготовляють із зігнутих труб: П- і U-образними.

На трубопроводах повинні бути справними і належним чином відрегульовані зворотні, редукторні, запірні, запобіжні клапани. Зворотні клапани пропускають газ або рідина лише в одному напрямку.

Важливим елементом трубопроводів є запобіжні клапани. Вони застосовуються для попередження виникнення в трубопроводі тиску, яке перевищує допустимий. У разі перевищення тиску через клапани частина газу або рідини викидається в атмосферу. Встановлення будь-якої іншої арматури між запобіжним клапаном і джерелом тиску забороняється.

Трубопроводи періодично підлягають зовнішньому огляду і гідравлічному випробуванню. При зовнішньому огляді визначається стан зварних та фланцевих з'єднань, сальників, перевіряються ухили, прогини, міцність несучих конструкцій. Проводиться гідравлічне випробування встановленим тиском в залежності від матеріалу трубопроводу. Результати гідравлічного випробування вважаються задовільними, якщо тиск не знизилася, а в зварних швах, трубах, корпусах арматури не виявлено ознак розривів, або запотівання [7]

5.6 Шум при роботі агрегату

Характеристики та допустимі рівні шуму на робочому місці. Характеристикою постійного шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску в октавних смугах з середньо геометричними частотами. Для орієнтовної оцінки можна користуватися величиною рівня звуку в децибелах за шкалою А.

					KM 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях слід приймати: для широкосмугового постійного та непостійного (крім імпульсного) шуму - по таблиці 7.

Забороняється навіть короткочасне перебування в зонах з октановими рівнями звукового тиску понад в будь-який октанове смузі:

Захист від шуму. При розробці технологічних процесів, проектуванні, виготовленні та експлуатації машин, виробничих будівель і споруд, а також при організації робочого місця мають бути вжиті всі необхідні заходи щодо зниження шуму, що діє на людину на робочих місцях, до значень, що не перевищують допустимі:

- розробкою шумобезопасной техніки;
- застосуванням засобів і методів колективного захисту по ГОСТ 12.1.029-80;
- застосуванням засобів індивідуального захисту по ГОСТ 12.4.051-78.

Зони з рівнем звуку або еквівалентним рівнем звуку вище А повинні бути позначені знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026-76.

На підприємствах, в організаціях та установах повинен бути забезпечений контроль значень шуму на робочих місцях не рідше одного разу на рік.

Зниження рівня звуку.

Рівень звуку на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і по території підприємств відповідно до санітарних норм проектування промислових підприємств і ГОСТ 12.1.003-83 при тривалій безперервній роботі компресорів не повинен перевищувати 85 за шкалою «А». Якщо рівень звуку перевищує цей рівень, необхідно вжити заходів до зниження виробничого шуму до встановленої величини. Це можна здійснити шляхом:

- розміщення компресорів в звукоізоляційній камері;
- застосування виброізолюючих підстав будівельних конструкцій будівлі компресорної станції;

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54 54

- застосування звукоізолюючих прокладок в місцях з'єднання компресора з повітропроводами і іншими частинами, а також спеціальних глушників на повітропроводах продувки судин і вихлопу повітря в атмосферу;
- встановлення металевих щитів у фільтрів всмоктування повітря;
- покриття глушників, стін і дахів в приміщенні компресорної станції звукопоглинальними матеріалами;^[9]

Шум реактивних двигунів

Шум реактивних двигунів (РД) виникає при їх випробуванні на двигунобудівних підприємствах, на яких реактивні двигуни використовуються за прямим призначенням. Завдання зниження шуму РД виникає також при їх використанні в якості силових установок приводу компресорних газоперекачувальних станцій, компресорів промислових магістралей стисненого повітря, і т.п. Шум цих установок нерідко є причиною перешкод проживанню в довколишніх населених територіях.

До основних джерел шуму РД відносяться вихлопна струмінь, що закінчується з вихлопного сопла, і внутрішні джерела шуму: компресор, камера згоряння і робоча турбіна.

Загальний рівень звукової потужності шуму одноконтурного РД з малим ступенем двоконтурного на номінальному і максимальному режимах визначається шумом вихлопної струменя при роботі двигуна. Через високу початкову турбулентності потоку вихлопних газів у вихідному перерізі сопла і через шум внутрішніх джерел (турбіни) інтенсивність шуму турбулентності вихлопної струменя підвищується приблизно на 8 дБа

Методи зниження шуму вихлопного струменя реактивних двигунів

Щодо шуму та вібрації

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Не маючи чіткого уявлення про компоновку виробу в цілому, наведемо лише загальні рекомендації:

1. Запобігти гострих кутів та кромок в стінках проточних каналів.
2. Кріплення вентилятора (сумісно з електродвигуном) до рами виконувати через еластомірні пружно-демпферні прокладки.
3. З'єднання вхідного і вихідного патрубків з трубами виконувати пружними еластомірними муфтами (резинові, гофровані і т. ін.).
4. Передбачити шумоглушник короб (на зразок легкоз'ємного ковпака), стінки якого з середини повинні бути щільно вкриті шумоглушними матами з базальтового волокна з чохлами з скловолокна.
5. Вентилюючу трубу (чи патрубок) покрити шумоглушним покриттям, бажано по всій довжині.
6. В елементах конструкції кожуха, равлика, виконаних з тонколистової сталі не допускати площин, не підкріплених ребрами жорсткості.

Методи зниження шуму струменя діляться на активні і пасивні. Під активними методами розуміється вплив на процес випромінювання шуму турбулентної областю струменя. Ці методи можуть включати як способи впливу на турбулентні характеристики струменя з метою зменшення їх рівня. До активної методу впливу відносяться застосування багатотрубчатого насадка, сітчастого екрану, подачі додаткового газу в зону змішування струменя. Зниження шуму струменя при використанні цих методів здійснюється внаслідок зменшення градієнта середньої швидкості і посилення процесу змішування. Для зниження шуму струменя також використовуються сопла, що створюють «перевернутий» профіль температур швидкостей і температур. При застосуванні таких сопел на початку струменя по її периферії значення швидкості і температури потоку вище, ніж біля осі струменя. В цьому випадку звукові хвилі, що утворилися в межах струменя, не можуть вийти за її межі внаслідок рефракції звуку, яка відбувається до осі струменя.

					KM 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Пасивні методи передбачають зниження вже утворився шуму за допомогою застосування глушників в основному за рахунок загасання акустичної енергії в звукопоглинальних матеріалах.^[9]

5.7. Розрахунок шуму при витікання з сопла.

Вхідні данні:

- кількість встановлених джерел (СРД) $N = 6$ шт;
- їх звуковий рівень без глушника $P_1 = 30$ дБ;
- їх звуковий рівень з глушником $P_2 = 10$ дБ.

Рішення

1. Розрахуємо рівень шуму однакових джерел шуму без глушника:

$$P_{\text{общ1}} = P_1 + 10 \cdot \lg N = 30 + 10 \cdot \lg 6 = 38 \text{ дБ}.$$

2. . Розрахуємо рівень шуму однакових джерел шуму з глушником:

$$P_{\text{общ2}} = P_2 + 10 \cdot \lg N = 10 + 10 \cdot \lg 6 = 18 \text{ дБ}.$$

3. Ефективність роботи глушника:

$$\Delta L_T = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{\text{общ1}}}{P_{\text{общ2}}} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{38}{18} \right) = 3,25$$

4. Визначаємо, як зміниться сумарний рівень шуму

$$\Delta P = P_{\text{общ2}} - P_{\text{общ1}} = 38 - 18 = 20 \text{ дБ}.$$

Сумарний рівень шуму зменшиться на 20 дБ.

Рівень шуму СРД не повинен перевищувати 75 дБ [10].

При підвищенні рівня шуму і наявності вібрацій зупинити привід і провести огляд і усунути несправності. У разі серйозних пошкоджень демонтувати складальні одиниці приводу.

5.8 Вимоги щодо монтажу (демонтажу), ремонту та модифікації (реконструкції та модернізації) обладнання під тиском

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Монтаж (демонтаж) має виконуватися відповідно до вимог проекту виконання робіт на монтаж (демонтаж), розробленого з урахуванням технічної документації на встановлення обладнання під тиском і експлуатаційних документів (настанови з експлуатації, інструкції з монтажу, пуску, регулювання).

Улаштування фундаментів стаціонарних котлів та посудин здійснюється відповідно до проектної документації з урахуванням вимог документації на встановлення обладнання під тиском і експлуатаційних документів (настанови з експлуатації, інструкції з монтажу, пуску, регулювання).

Після проведення монтажу та налагодження обладнання під тиском складається акт, що підтверджує проведення монтажних робіт і налагодження.

У акті має бути зазначено:

найменування монтажною організацією;

найменування, тип, виробник, заводський (серійний) номер обладнання під тиском;

відомості про матеріали, що використовувалися монтажною організацією;

відомості про зварювання (вид зварювання, тип і марка електродів, зварювального дроту, прізвище зварника і номер його посвідчення, результати випробувань контрольних зразків (у разі проведення));

висновки про відповідність проведених монтажних і налагоджувальних робіт вимогам документів, зазначених у пункті 1 цієї глави.

Роботи з налагодження, передбачені системою планово-попереджувальних ремонтів, виконуються відповідно до вимог настанови з експлуатації обладнання під тиском.

5. 9 Вимоги щодо ремонту обладнання під тиском

Вимоги цієї глави поширюються на такі види ремонту складових частин обладнання під тиском:

ремонт основних елементів з метою їх відновлення (ремонт із застосуванням зварювання, а також ремонт, пов'язаний з відновленням деформованих або пошкоджених елементів, відновленням чи зміною

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

конструкції стиків металоконструкцій), крім робіт, передбачених настановою з експлуатації;

ремонт приладів і пристроїв безпеки, крім робіт, передбачених настановою з експлуатації.

Ремонт обладнання під тиском слід виконувати відповідно до вимог технічної документації, до складу якої мають входити технічні умови на ремонт.

Документи, що підтверджують якість застосованих матеріалів і зварювання, зберігаються в організації, що виконувала роботи, а їх копії разом з журналом нагляду (паспортом) - у власника протягом строку служби обладнання під тиском.

Відомості про ремонти обладнання під тиском, передбачені системою планово-попереджувальних ремонтів, записуються до ремонтного журналу.

Виведення обладнання під тиском в ремонт здійснюється працівником, відповідальним за справний стан і безпечну експлуатацію, відповідно до графіка ремонту, затвердженого роботодавцем, у разі необхідності проведення ремонту - в порядку, встановленому роботодавцем.

Проведення ремонту обладнання під тиском здійснюється за нарядом-допуском.

Експлуатація обладнання під тиском за призначенням під час його ремонту не дозволяється.

Після проведення ремонту відомості про виконані роботи із зазначенням місць ремонту (або додаються ремонтні креслення), відомості про застосовані матеріали із зазначенням номерів документів про їх якість зазначаються також у журналі нагляду (паспорті).

5.10 Вимоги щодо модифікації (реконструкції та модернізації) обладнання під тиском

Технічна документація на модифікацію (реконструкцію та модернізацію) має містити технічні умови.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59 59

Залежно від виду модифікації (реконструкції та модернізації) і обсягу змін, що вносяться, має надаватися нова настанова з експлуатації, а також інструкція з технічного обслуговування, інструкція з монтажу, пуску, регулювання та обкатки виробника обладнання під тиском або доповнення чи зміни до існуючих, розроблені відповідно до вимог технічних умов на модифікацію (реконструкцію та модернізацію).

Після проведення модифікації (реконструкції та модернізації) суб'єкт господарювання, який проводив ці роботи, повинен оснастити обладнання під тиском маркувальною табличкою, укріпленою на видному місці, із зазначенням:

назви суб'єкта господарювання, який проводив модифікацію (реконструкцію чи модернізацію), і його знак для товарів і послуг (за наявності);

позначення обладнання під тиском після модифікації (реконструкції та модернізації) відповідно до технічних умов на модифікацію (реконструкцію чи модернізацію);

дати проведення модифікації (реконструкції та модернізації) із зазначенням місяця і року;

позначення технічних умов на модифікацію (реконструкцію чи модернізацію).

Після проведення модифікації (реконструкції та модернізації) суб'єкт господарювання, який виконував відповідні роботи, вносить до журналу нагляду (паспорту) відомості про виконані роботи із зазначенням усіх змін параметрів, характеристик і показників, відомості про застосовані матеріали із зазначенням номерів документів про їх якість.

Якщо ці дані неможливо відобразити, до нового журналу нагляду додається як додаток попередній журнал нагляду (паспорт).

Документи, що підтверджують якість застосованих матеріалів і зварювання, зберігаються у суб'єкта господарювання, який проводив модифікацію (реконструкцію чи модернізацію), а їх копії разом із журналом нагляду (паспортом) - протягом строку служби обладнання під тиском.

					<i>КМ 17.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						60
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

Крім того, додається і зберігається разом із журналом нагляду (паспортом) така документація:

довідка про характер модифікації (реконструкції та модернізації), підписана відповідальною особою організації, що розробила технічну документацію на модифікацію (реконструкцію та модернізацію);

креслення загального вигляду з основними габаритними розмірами, якщо вони змінилися, та новими технічними характеристиками в разі їх зміни;

копії документів (або виписки з них) про якість металу, що використовувався під час модифікації (реконструкції та модернізації);

відомості про присадний матеріал (результати випробування наплавленого металу чи копії документів (або виписки з них) про якість електродів);

відомості про результати контролю якості зварювання металоконструкції.

Після модифікації (реконструкції та модернізації) обладнання під тиском проводяться приймальні випробування суб'єктом господарювання, який проводив модифікацію (реконструкцію чи модернізацію), відповідно до вимог технічних умов на модифікацію (реконструкцію та модернізацію). Допускається проводити приймальні випробування випробувальними лабораторіями (власника обладнання під тиском, суб'єкта господарювання, що проводив модифікацію (реконструкцію та модернізацію), чи іншого суб'єкта господарювання або призначеного органу з оцінки відповідності), органами з інспектування, акредитованими у відповідних сферах з акредитації.

За результатами випробувань складаються технічні звіти (протокол випробувань, акт приймання), які затверджуються в порядку, визначеному технічними умовами на модифікацію (реконструкцію та модернізацію), або залученими до проведення випробувань акредитованими випробувальними лабораторіями, органами з інспектування. Результати випробувань відображаються в журналі нагляду (паспорті) обладнання під тиском. До журналу додаються акт і протокол приймання.

На підставі позитивних результатів випробувань, зазначених у протоколі випробувань, технічних звітах, суб'єкт господарювання, який проводив

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

модифікацію (реконструкцію чи модернізацію), складає декларацію про відповідність.

5.11 Вимоги щодо матеріалів та виробів

1. Матеріали, що застосовуються під час ремонту, модифікації (реконструкції та модернізації) обладнання під тиском, мають відповідати зазначеним у технічних умовах на ремонт, модифікацію (реконструкцію чи модернізацію) обладнання під тиском.

2. Якість матеріалу має бути підтверджена документом виробника цих матеріалів про їх якість.

За відсутності документа про якість матеріалу дозволяється його застосовувати після випробування.

Вибір матеріалу здійснюється з урахуванням нижніх граничних значень температур навколишнього середовища для робочого та неробочого станів обладнання під тиском. Дані про застосований матеріал під час ремонту, модифікації (реконструкції та модернізації) зазначаються в журналі нагляду (паспорті) обладнання під тиском.

5.12 Вимоги щодо зварювання

Прихоплювання та зварювання елементів металоконструкцій обладнання під тиском під час їх монтажу, ремонту, модифікації (реконструкції та модернізації), приварювання площадок, поручнів і засобів доступу до обладнання під тиском повинні виконувати зварники, які пройшли кваліфікаційні випробування (атестацію).

Зварювальні матеріали, що застосовуються для зварювання, мають забезпечувати механічні властивості металу шва і нерознімного з'єднання (границя міцності, відносне видовження, кут загину, ударна в'язкість, твердість) не менше нижньої границі зазначених властивостей основного металу конструкції, встановлених для цієї марки сталі.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

У разі застосування в одному з'єднанні сталей різних марок механічні властивості металу шва мають відповідати властивостям сталі з більшою границею міцності. Марки присадних матеріалів, флюсів і захисних газів зазначаються в технічних умовах на ремонт, модифікацію (реконструкцію та модернізацію) обладнання під тиском.

Під час виготовлення для цілей ремонту, модифікації (реконструкції та модернізації) обладнання під тиском елементів металоконструкцій із труб, прокату листового, сортового, фасонного дозволяється застосування всіх способів різання, що забезпечують якісне одержання форм і розмірів цих елементів відповідно до робочих креслень. Різання проводиться за технологією, що унеможливорює утворення тріщин або погіршення якості металу на крайках, а також у зоні термічного впливу.

Під час складання конструкції під зварювання має забезпечуватися точність з'єднань у межах розмірів і допусків, установлених робочими кресленнями і технологічними документами.

Зварювання має проводитися в приміщеннях, які унеможливають вплив несприятливих атмосферних умов на якість нерознімних з'єднань.

Зварювання просто неба дозволяється за умови захисту місць зварювання від атмосферних опадів і вітру.

Зварювальні роботи, що проводяться під час монтажу, ремонту, модифікації (реконструкції та модернізації) обладнання під тиском, мають виконуватися відповідно до вимог комплексу документів на технологічні процеси зварювання.

Можливість і механізм зварювання за температури повітря нижче 0 °С установлюються технічними умовами на ремонт, модифікацію (реконструкцію чи модернізацію) обладнання під тиском.

Дозволяється для цілей ремонту, модифікації (реконструкції та модернізації) виготовлення зварних виробів із застосуванням у тому самому зварному вузлі різних методів зварювання, про що має бути зроблене застереження в технічних умовах.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Прихоплювання елементів нерознімних з'єднань під час складання металоконструкцій мають виконуватися з використанням таких самих зварювальних матеріалів, що й під час зварювання.

Прихоплювання, виконані під час складання металоконструкції, можуть не видалятися, якщо під час зварювання вони будуть цілком переплавлені. Перед зварюванням прихоплювання очищуються від шлаку.

Зварні елементи повинні мати клеймо чи інше умовне позначення, що дозволяє визначити прізвище зварника, який виконав зварювання. Маркування здійснюється методами, що забезпечують його схоронність упродовж експлуатації обладнання під тиском і не погіршують його якості. Метод і місце маркування мають бути зазначені на кресленнях.

Необхідність і методи термічної обробки нерознімних з'єднань елементів установлюються технічними умовами на ремонт, модифікацію (реконструкцію та модернізацію).

5.13 Контроль якості нерознімних з'єднань

Контроль якості нерознімних з'єднань, що проводиться під час монтажу, ремонту, модифікації (реконструкції та модернізації), їх складових частин здійснюється методами неруйнівного контролю (зовнішній огляд і вимірювання, ультразвуковий, радіографічний) і випробуваннями (визначення механічних властивостей нерознімного з'єднання).

Фахівці з неруйнівного контролю мають бути сертифіковані. У разі застосування радіографічних приладів контролю (радіоізотопних або рентгенівських дефектоскопів) суб'єкт господарювання має отримати у встановленому законодавством порядку ліцензію на право провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання.

Контроль якості нерознімних з'єднань здійснюється після проведення термічної обробки, якщо вона передбачена для цього нерознімного з'єднання.

Результати контролю нерознімних з'єднань мають бути зафіксовані у відповідних документах (висновки, журнали, протоколи, карти).

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Зовнішньому огляду та вимірюванню підлягають всі нерознімні з'єднання з метою виявлення в них таких зовнішніх дефектів, бракувальні ознаки яких перевищують норми, зазначені в технічних умовах:

кутове зміщення або відхилення від перпендикулярності осей зварюваних елементів;

лінійне зміщення крайок зварюваних елементів;

відхилення розмірів і порушення форми швів (за опуклістю, шириною та катетом шва, за рівномірністю опуклості);

тріщини;

напливи, натікання, подрізи, пропалювання, незаварені кратери, непровари, несплавлення, пористість.

Перед зовнішнім оглядом поверхня зварного шва та прилеглих до нього ділянок основного металу завширшки не менше 20 мм в обидва боки шва має бути зачищеною від шлаку, бризок металу, натікання та інших забруднень.

Огляд і вимірювання стикових з'єднань проводяться з обох боків по всій довжині з'єднання. У разі недоступності для огляду внутрішньої поверхні нерознімного з'єднання огляд і вимірювання здійснюються тільки із зовнішнього боку.

Перед проведенням радіографічного контролю відповідні ділянки нерознімного з'єднання мають бути промарковані таким чином, щоб їх можна було легко виявити на знімках.

У нерознімних з'єднаннях не допускаються такі дефекти, бракувальні ознаки яких перевищують норми:

непровари та несплавлення;

пори, розташовані у вигляді суцільної сітки;

подрізи, напливи та натікання;

незаварені кратери;

свищі;

шлакові включення;

незаварені пропалювання;

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пропалювання та підплавлення основного металу (під час стикового контактного зварювання труб);

зміщення крайок вище норм, передбачених кресленнями.

Також у нерознімних з'єднаннях не допускаються тріщини, розташовані в металі шва, на межі сплавлення, у зоні термічного впливу та в основному металі, у тому числі й мікротріщини, що виявляються під час мікродосліджень.

У разі виявлення під час неруйнівного контролю неприпустимих дефектів у нерознімних з'єднаннях контролю підлягає все з'єднання, що контролюється. Ділянки зварних швів з дефектами видаляються механічним способом і переварюються не більше двох разів в одному місці відповідно до вимог технічних умов на ремонт, модифікацію (реконструкцію та модернізацію) обладнання під тиском.

Випробування проводяться з метою перевірки відповідності механічних властивостей нерознімного з'єднання на контрольних зразках, зварених в умовах, що цілком відповідають умовам виготовлення елементів нагріву (ті самі основні та присадні матеріали, ті самі зварювальні режими, методи зварювання і те саме положення шва).

Перевірка механічних властивостей нерознімного з'єднання на контрольних зразках проводиться залежно від виду нерознімного з'єднання виробів шляхом випробування на розтягування та вигинання зразків, з'єднаних стиковим швом.

Результати випробувань вважаються задовільними, якщо:

тимчасовий опір не нижче нижньої границі тимчасового опору металу, зазначеного в нормативному документі для цієї марки сталі;

кут вигину для вуглецевих сталей не менше 120 °, для низьколегованих за товщини зразка до 20 мм - не менше 80 °, більше 20 мм - не менше 60 °.

8. Якість нерознімних з'єднань вважається незадовільною, якщо в них під час будь-якого контролю будуть виявлені дефекти, що виходять за межі норм, визначених цими Правилами.

					КМ 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

5 ВИСНОВКИ

1. Виконано газодинамічний розрахунок проточної частини вентилятора в межах вхідний-вихідний патрубку.

2. Розроблено теоретичні креслення проточної частини з елементами: вхідний патрубок – робоче колесо – равлик – вихідний патрубок. Надані практичні рекомендації на конструювання вентилятора.

3. Уточнена та верифікована запропонована методика газодинамічного розрахунку.

4. Виконано розрахунок робочого колеса на задані параметри.

5. Розроблено теоретичне креслення робочого колеса, корпусу-равлика та вентилятора в цілому з урахуванням вимог міцності, вібрації, шуму.

6. Виконаний розрахунок утилізації теплоти холодильної машини.

7. В розділі охорони праці розглянуті небезпечні та шкідливі фактори при експлуатації холодильного устаткування.

					KM 17.00.00.00 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

