

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на тему Проект пересувної станції вуглекислоти для потреб МНС місткістю 5 м³
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача Еделев В.С.
(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕН-141a групи

Керівник доц. Подмазко О.С.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. каф. ХУ і КП Жихарєва Н.В.

доц. каф. ХУ і КП Когут В.Є.

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 30.05.2025 р., протокол № 10

Завідувач кафедри ХУіКП
(назва кафедри)

_____ (підпис)

Михайло ХМЕЛЬНЮК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2025 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
Кафедра Холодильних установок і кондиціонування повітря

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»

Освітня програма Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри М.Г. Хмельнюк

«03» березня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Еделева Володимира Сергійовича

1. Тема роботи Проект пересувної станції вуглекислоти для потреб МНС місткістю 5 м³
Затверджена наказом академії від 15.01.2024 р. наказ № 15-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2022 р.

3. Вихідні дані роботи: температура повітря (діапазон коливань) 303 – 320 К, температура конденсації 313 К, середня температура рідини в посудині 263 К, схема повторного скраплення (реконденсації) вуглекислоти

4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; призначення; технічна характеристика; пристрій і робота заправника; теплові розрахунки; схема та цикл повторного скраплення (реконденсації) вуглекислоти; розрахунок насоса; обґрунтування вибору засобів автоматизації

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень): цистерна для транспортування вуглекислоти (види: з переду, з верху та з боку); схема типової цистерни для рідкої вуглекислоти; принципова схема повторного скраплення (реконденсації) вуглекислоти; цикл повторного скраплення вуглекислоти в діаграмі, схема автоматизації

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Жихарева Н.В., доц. ХУ і КП	01.02.2025 р.	15.05.2025 р.
Цивільний захист	Когут В.Є., доц. ХУ і КП	01.02.2025 р.	20.05.2025 р.
Економічна частина	Жихарева Н.В., доц. ХУ і КП	01.02.2025 р.	25.05.2025р.

7. Дата видачі завдання 01.09.2024 р.

Керівник
Завдання прийняв до виконання

Подмазко Олександр Степанович
Еделев Володимир Сергійович

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Призначення. Технічна характеристика. Цистерна для транспортування вуглекислоти (види: з переду, з верху та з боку).	20.02.2025 р.	виконав
2	Пристрій і робота заправника. Схема типової цистерни для рідкої вуглекислоти.	15.03.2025 р.	виконав
3	Теплові розрахунки. Принципова схема повторного скраплення (реконденсації) вуглекислоти.	31.03.2025 р.	виконав
4	Схема та цикл повторного скраплення (реконденсації) вуглекислоти	15.04.2025 р.	виконав
5	Розрахунок насоса. Обґрунтування вибору засобів автоматики. Цикл повторного скраплення вуглекислоти в діаграмі.	30.04.2025 р.	виконав
6	Бізнес план проекту. Економічний розрахунок проекту.	15.05.2025 р.	виконав
7	Економічний розрахунок проекту. Охорона праці. Цивільний захист	25.05.2025 р.	виконав

Здобувач-дипломник _____ Еделев Володимир Сергійович

Керівник _____ Подмазко Олександр Степанович

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web- ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ Еделев Володимир Сергійович

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра_Еделева В.С на тему: «Проект пересувної станції вуглекислоти для потреб МНС місткістю 5 м³»

Керівник: доц., к.т.н. Подмазко О.С.

Мета кваліфікаційної роботи: Розробка пристрою при гасінні пожарів для Міністерства надзвичайних ситуацій. Прийоми припинення горіння полягають у тому, що вогнегасні засоби подаються або в зону горіння або в палаючу речовину, або в повітря, що надходить до зони горіння.

Найбільшого поширення отримали вогнегасники, що використовують вуглекислоту. Пристрій (заправник) забезпечує централізовану доставку рідкого двоокису вуглецю дрібним споживачам (з потребою CO₂ не більше 80 т/рік) і дозволяє ліквідувати нерентабельні перевезення рідкого двоокису вуглецю у балонах.

В роботі були розроблені окремі вузли заправника, сполучених між собою технологічними трубопроводами і електричними кабелями. Для забезпечення заданої кількості рідкого двоокису вуглецю, що перевозиться, в якості транспортної місткості застосований резервуар ізотермічний, в якому вбудовані два колектори для підняття тиску. Також, було проведено дослідження як змінюється температура в ізоляції цистерни з часом при початковій температурі цистерни 293 К., вуглекислоти 233 К. Розглянуті схеми повторного скраплення парів вуглекислоти. Для заповнення балонів спроектований поршневий насос. Для очищення рідкого двоокису вуглецю від домішок застосований фільтр. В роботі також освітлені питання цивільного захисту, охорони праці та економіки.

обсяг 83 с., 18 іл., 22 таб., 15 літ.

Ключові слова: ПОЖЕЖА, ВОГНЕГАСНИК, ТЕМПЕРАТУРА, ТИСК, РЕЗЕРВУАР, ПОРШНЕВИЙ НАСОС, ТРУБОПРОВОДИ, ВУГЛЕКИСЛОТА.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Bachelor's qualification work Edelev V.S. on the topic: "Project of a mobile carbon dioxide station for the needs of the Ministry of Emergency Situations with a capacity of 5 m³"

Supervisor: Assoc. Prof., Ph.D. Podmazko O.S.

The purpose of the qualification work: Development of a fire extinguishing device for the Ministry of Emergency Situations. Methods of extinguishing a fire consist in the fact that fire extinguishing agents are supplied either to the combustion zone or to the burning substance, or to the air entering the combustion zone.

The most widely used fire extinguishers are those using carbon dioxide. The device (refueler) provides centralized delivery of liquid carbon dioxide to small consumers (with a CO₂ requirement of no more than 80 tons/year) and allows eliminating the unprofitable transportation of liquid carbon dioxide in cylinders. The work developed separate units of the tanker, interconnected by technological pipelines and electrical cables. To ensure a given amount of liquid carbon dioxide being transported, an isothermal tank was used as a transport capacity, in which two collectors for increasing pressure were built. Also, a study was conducted on how the temperature in the tank insulation changes over time at an initial tank temperature of 293 K, carbon dioxide 233 K. Schemes for re-liquefaction of carbon dioxide vapors were considered. A piston pump was designed to fill the cylinders. A filter was used to clean liquid carbon dioxide from impurities. The work also sheds light on the issues civil protection, labor protection and economy. volume 83 p., 18 ill., 22 tab., 15 lit.

Keywords: FIRE, FIRE EXTINGUISHER, TEMPERATURE, PRESSURE, TANK, PISTON PUMP, PIPELINES, CARBON ACID.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Призначення	8
2. Технічна характеристика	9
3. Пристрій і робота заправника.....	10
4. Теплові розрахунки.....	12
5. Схема та цикл повторного скраплення вуглекислоти.....	22
6. Розрахунок насоса.....	30
7. Обґрунтування вибору засобів автоматики.....	38
8. Бізнес план проекту.....	41
9. Економічний розрахунок проекту.....	46
10. Охорона праці.....	57
11. Цивільний захист.....	75
Список літератури.....	82

					ДР: Проект пересувної станції вуглекислоти з місткістю резервуара 5 м ³		
		№ докум.	Підпис				
Розробив	Еделев В.С.			Розрахунково- пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Подмазко О.С.					6	83
Н. Контр.	.				ОНАХТ гр. <u>ЕН-141а</u>		
Затвердив							

ВСТУП

Прийоми припинення горіння полягають у тому, що вогнегасні засоби подаються або в зону горіння або в палаючу речовину, або в повітря, що надходить до зони горіння. Найбільшого поширення вони знайшли у стаціонарних установках пожежогасіння для відносно замкнених приміщень (трюми суден, сушильні камери, випробувальні бокси та фарбувальні камери на пром-підприємствах тощо). а також для гасіння горючих рідин, пролитих на землі на невеликій площі. Крім того, розведення спиртів до 70% водою – необхідна умова для успішного гасіння їх у резервуарах повітряно-механічною піною. Практика показує, що як розбавляючі вогнегасні засоби найбільшого поширення знайшли діоксид вуглецю (вуглекислий газ), азот, водяний пар і розпилена вода.

Механізм припинення горіння при введенні вогнегасних речовин, що розбавляють, в приміщення, в якому відбувається пожежа, полягає в зниженні об'ємної частки кисню. При введенні розбавляючих речовин у приміщенні підвищується тиск, відбувається витіснення повітря і разом з ним кисню, збільшується концентрація негорючих газів, що не підтримують горіння, парціальний тиск кисню падає.

Ця установка призначена для транспортування рідкому двоокису вуглецю, короткочасного зберігання (не більше 8 днів), а також заправки балонів.

Заправник забезпечує централізовану доставку рідкого двоокису вуглецю дрібним споживачам (з потребою CO_2 не більше 80 т/рік) і дозволяє ліквідувати нерентабельні перевезення рідкого двоокису вуглецю у балонах. Впровадження заправника дозволяє підприємству-постачальникові забезпечити відразу декілька підприємств-споживачів рідким двоокисом вуглецю шляхом заправки балонів безпосередньо у споживача.

Нині накопичений великий досвід по виробництву, транспортуванню і зберіганню скраплених промислових газів. Останнім часом розроблені, вдосконалені і впроваджені прогресивні технологічні методи в транспортуванні рідкого двоокису вуглецю. Створені нові види низькотемпературної ізоляції, арматури, трубопроводів і контрольно-вимірювальних приладів.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. ПРИЗНАЧЕННЯ

Заправник транспортний для рідкого двоокису вуглецю призначений для транспортування рідкого двоокису вуглецю і наповнення балонів.

Заправник застосовується для централізованого забезпечення рідким двоокисом вуглецю підприємств з невеликою (до 80 т) газовою потребою рідким двоокисом вуглецю і повинен захищати транспортування рідкого двоокису вуглецю у балонах.

Рідкий двоокис вуглецю повинен відповідати ГОСТ 8050-85 з масовою концентрацією водяної пари при 20 °С і 101,3 кПа (760 мм.рт.ст.) не більше 0,184 г/м³.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Місткість резервуару, м ³	5
Маса рідкого двоокису вуглецю, кг	4800
Добовий приріст тиску при середньодобовій температурі навколишнього повітря 30 °С, МПа (кгс/см ²)	0,2 (2,0)
Продуктивність при перекачуванні, тон/год	12,5
Споживана потужність, кВт	10,5
Маса, кг	8300

Аналогом цієї установки є заправник, що випускався «Кислородмашем» м. Одеса. Об'єм такого заправника – 4,5 м³. Така установка може забезпечити заправку 137 балонів.

Проектована установка забезпечує заправку 152 балонів.

Цей заправник забезпечує заправку відразу двох балонів, що скорочує час на підготовчі роботи.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ПРИСТРІЙ І РОБОТА ЗАПРАВНИКА

3.1. *Облаштування установки*

3.1.1. Установка складається з окремих вузлів, сполучених між собою технологічними трубопроводами і електричними кабелями.

3.1.2. Живлення заправника здійснюється від стаціонарної мережі змінного струму з глухозаземленою нейтраллю напруги 380/220 В, частотою 50 Гц за допомогою ввідного кабелю.

3.1.3. Обслуговування установки, в основному робиться зовні з боку лівого борту, де розташований щит управління.

3.1.4. Для забезпечення заданої кількості рідкого двоокису вуглецю, що перевозиться, в якості транспортної місткості застосований резервуар ізотермічний, в якому вбудовані два колектори для підняття тиску.

3.1.5. Для заповнення балонів застосований поршневий насос.

3.1.6. Для очищення рідкого двоокису вуглецю від домішок застосований фільтр.

3.2. *Робота заправника*

3.2.1. Рідкий двоокис вуглецю з резервуару ізотермічного РИ через вентиль В33 і фільтр Ф поступає в поршневий насос НР, після якого він ділиться на два потоки.

3.2.2. Рідкий двоокис вуглецю через вентиль В38, клапан розподільний триходовий Р1, зворотний клапан КО1 поступає у балон БЛ1.

Після заповнення балона БЛ1 автоматично перемикається клапан розподільний триходовий і рідкий двоокис вуглецю через вентиль В38, клапан Р1 і вентиль В313 поступає в резервуар ізотермічний. Після установки нового балона перемикається клапан Р1 і процес повторюється спочатку.

3.2.3. Рідкий двоокис вуглецю через вентиль В39, клапан Р2, зворотний клапан КО2 поступає у балон БЛ2. Після заповнення балона

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматично перемикається клапан Р2 і рідкий двоокис вуглецю через вентиль В39, клапан Р2 і вентиль В313 поступає в резервуар ізотермічний. Заповнення балонів відбувається поперемінно. При заповненні БЛ1 рідким двоокисом вуглецю заповнення БЛ2 не відбувається і навпаки.

Резервуар ізотермічний призначений для транспортування CO₂, перекачування її в інші резервуари і заправки балонів місткістю від 20л до 50л.

Метою розрахунку є визначення міцнісних і теплових характеристик резервуару, що забезпечують працездатність конструкції.

Початкові дані

1. Об'єм внутрішньої посудини, м ³		5
2. Робочий тиск у внутрішній посудині, МПа		
максимальний	1,96	мінімальний
		0,8
3. Розрахунковий зовнішній тиск внутрішньої посудини, МПа		-0,1
4. Внутрішній діаметр, м:		
посудини	1,8	кожуха
		2,2
5. Розрахункова температура, К		293
6. Розрахункова максимальна температура, К		323
7. Розрахункова теплопровідність ізоляції, Вт/(м·К)		3·10 ⁻³
8. Тиск в ізоляційній порожнині, мм.рт.ст.		1·10 ⁻²
9. Товщина ізоляції, м		0,186
10. Матеріал посудини – сталь 09Г2СЮ ТУ-14-1-506-5-91;		
кожуха, кілець, жорсткості – сталь 09Г2С ГОСТ 5520-79;		
ізоляції – перліт спучений ГОСТ 10832-91;		
трубопроводів – сталь 10Г2 ТУ-14-3-826-79;		
розтяжок – сталь 10Х11Н23Г3МР ГОСТ 5632-72;		
опор – текстоліт ПТ 2 сорт ГОСТ 5-78		
11. Призначений термін служби, років		20

4. ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ

4.1. Початкові дані

Температура повітря, К	303
Температура конденсації, К	313
Середня температура рідини в посудині, К	263
Поверхня обичайки, м ²	
посудини	7,05
кожуха	12,29
Поверхня днища, м ²	
посудини	2,97
кожуха	3,79
Товщина ізоляції резервуару δ_3 , м	0,186

4.2. Розрахунок тепло припливів

$$Q = n\lambda \frac{\Delta T}{\Delta l} F, \text{ Вт,}$$

де λ – коефіцієнт тепло припливів матеріалу; ΔT – різниця температур між теплообмінними поверхнями; F – поверхня теплообміну; Δl – довжина теплового моста, товщина ізоляції; n – число теплових мостів.

4.2.1. Тепло припливи через ізоляцію

$\lambda_{из} = 0,003 \text{ Вт/(мК)}$ – теплопровідність ізоляції;

$$\Delta T = 323 - 242 = 81 \text{ К}$$

$\Delta l = \delta_{из} = 0,186 \text{ м}$ – товщина ізоляції;

$$F = \sqrt{F_1 \cdot F_2},$$

де F_1 – поверхня посудини, м²; F_2 – поверхня кожуха, м²;

$$F_1 = 7,05 + 2 \cdot 2,97 = 12,99; F_2 = 12,79 + 3,79 = 19,87;$$

$$Q_{из} = 0,003 \frac{81}{0,186} \sqrt{12,99 \cdot 19,87} = 20,9$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

4.2.2. Тепло припливи через розтяжки

$$F = f_p = 0,375 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$\Delta l = l_p = 0,575 \text{ м}$ – довжина розтяжки; $n = 4$; $\lambda_{on} = 0,23 \text{ Вт/(м.К)}$ – теплопровідність опор;

$$Q_{on} = 4 \cdot 0,23 \frac{81}{0,15} 0,081 = 40,0$$

4.2.3. Тепло припливи через трубопроводи

$$F = f_{mp} = 2,73 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 (\text{Ø}32 \times 3);$$

$\Delta l = l_{mp} = 2,0 \text{ м}$ – довжина трубопроводу; $n = 8$; $\lambda_p = 50,0 \text{ Вт/м.К}$ – теплопровідність трубопроводів;

$$Q_p = 8 \cdot 50,0 \frac{81}{2,0} 2,73 \cdot 10^{-4} = 4,422.$$

4.2.4. Тепло припливи через лінзовий компенсатор матеріал – Сталь 12х18Н10Т

$$\lambda_{кл} = 16,2 \text{ Вт/(м.К)};$$

товщина $\delta = 0,0025 \text{ м}$;

зовнішній діаметр $D_n = 0,5 \text{ м}$;

внутрішній діаметр $D_{вн} = 0,35 \text{ м}$;

довжина $\Delta l = L = 0,32 \text{ м}$

$$F = \frac{\pi}{4} [D_{cp}^2 - (D_{cp} - 2\delta)^2]$$

$$D_{cp} = \frac{D_n + D_{вн}}{2} = 0,425;$$

$$F = \frac{\pi}{4} [0,425^2 - (0,425 - 2 \cdot 0,0025)^2] = 3,32 \cdot 10^{-3};$$

$$Q_{кл} = \frac{16,2 \cdot 81 \cdot 3,32 \cdot 10^{-3}}{0,32} = 13,5$$

4.2.5. Тепло припливи через кронштейн рівнеміра матеріал – Сталь 20;

$$\lambda_{кр} = 50,0 \text{ Вт/(м.К)};$$

труба $\text{Ø}32 \times 3,5$;

$$F = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$\Delta l = l_{кр} = 0,14 м;$$

$$Q_{кр} = \frac{50,0 \cdot 81 \cdot 3,1 \cdot 10^{-4}}{0,14} = 9,0$$

4.2.6. Тепло припливи через ізоляцію рівнеміра

$$F = 0,07 м^2;$$

$$\Delta l = \delta_{уз} = 0,186 м;$$

$$\lambda_{уз} = 0,042 Вт/(м \cdot К);$$

$$Q_{уп} = \frac{0,042 \cdot 81 \cdot 0,07}{0,186} = 1,28$$

4.2.7. Тепло припливи через прокладення упорів матеріал – текстоліт

$$d_p = 0,05 м;$$

$$F = 1,96 \cdot 10^{-3} м^2;$$

$$\Delta l = l_{ум} = 0,14 м;$$

$$\lambda_{ум} = 0,23 Вт/(м \cdot К);$$

$$n = 4;$$

$$Q_{ум} = 4 \frac{0,23 \cdot 81 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3}}{0,06} = 2,43$$

4.3. Загальні тепло припливи

Результати розрахунків зводимо в таблицю

Найменування тепло припливів	Величина тепло припливів	
	Вт	%
Через ізоляцію	47,70	40,21
Через опори	40,00	33,72
Через розтяжки	2,50	2,11
Через трубопроводи	4,42	1,86
Через лінзовий компенсатор	13,50	11,38
Через кронштейн рівнеміра	9,00	7,59
Через ізоляцію рівнеміра	1,28	1,52

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Через упори	2,43	2,05
Загальні	118,62	2,05

4.4. Тривалість зберігання рідкого двоокису вуглецю

$$T_{xp} = \frac{Q}{3600 \cdot Q_{обц}} \cdot \text{ч};$$

де Q – тепло, потрібне для підігрівання рідини, кДж;

$$Q = G \cdot (h_2 - h_1);$$

де $G_{жс} = 12,288 \text{ кг}$; $h_2 = 460,0 \text{ кДж/кг}$ – ентальпія рідини при тиску 2,06 МПа;

$h_1 = 411,0 \text{ кДж/кг}$ – ентальпія рідини при тиску 0,90 МПа;

$$Q = 12,288(460 - 411) = 602112,0;$$

$$T_{xp} = \frac{602112 \cdot 10^3}{3600 \cdot 118,62} = 1410,0;$$

$$T_{xp} = \frac{1410}{24} = 58,75 \text{ діб}$$

4.5. Середньодобовий приріст в посудині

$$\Delta P = \frac{P_k - P_n}{T_{xp}}, \text{ МПа/добу};$$

$$\Delta P = \frac{2,06 - 0,9}{58,75} = 0,0197 \text{ МПа/добу}$$

4.6. Вибір і обґрунтування типу теплоізоляції

Для цієї установки вибирається вакуумно-порошкова ізоляція.

Цей вид теплової ізоляції є порошкоподібним матеріалом, розмішений у вакуумованому просторі.

Найбільш відповідним матеріалом для такої ізоляції є перліт спучений ГОСТ10832-91.

Для цього виду ізоляції можливі три що одночасно діючих механізми перенесення тепла:

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		15

- за рахунок теплопровідності газу;
- теплопровідності твердих часток;
- ізоляція.

Для створення хорошої ізоляції необхідно звести до мінімуму дію усіх трьох видів теплопередачі.

Перенесення тепла газом може бути практично виключене, якщо в газоізолюючому просторі створюється вакуум.

Залишковий тиск, що дорівнює $1,33 - 0,133$ Па, легко досягається при застосуванні механічних вакуум-насосів.

Поширенню теплового лікування в порошках при низьких температурах перешкоджає, ймовірно, екранування частками порошку.

При додаванні дрібних порошкоподібних часток (лусочок), теплопровідність ізоляції знижується до $3 \cdot 10^{-4}$ Вт/(м·К).

Вакуумовані порошки дуже зручні для ізоляції устаткування великого розміру. Дрібнодисперсні порошки перліту збільшують міцнісні властивості устаткування, особливо при ударних навантажень. Крім того, завдяки адсорбційним властивостям вони підтримують вакуум в ізолюючому просторі.

Для підвищення надійності – суміш гранульованого полімеру або рідини з металевою пудрою, яка в умовах вакууму спінюється і рівномірно заповнює ізоляційний простір. При охолодженні матеріал полімеризується і твердне, утворюючи міцну не теплопровідну мікропористу структуру.

Така ізоляція, як перліт спучений, прокладена гнучкою металевою стрічкою, для зменшення конвекції. Вона зручна при монтажі і дуже міцна.

4.7. Розрахунок часу охолодження резервуару

Початкові дані

Температура кипіння CO ₂ , К	227,1
Теплопровідність ізоляції, Вт/(м·К)	0,003

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Температура повітря, К	323
Середня температура рідини в посудині, К	242
Товщина ізоляції, м	0,186
Діаметр посудини, м	1,8
Довжина обичайки посудини, м	1,6

Розрахунок температури

Розрахунок температури в i -тому шарі у момент часу $k+1$ розраховується по формулі:

$$T_i^{k+1} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\Delta r}{r} \right) T_i^{k+1} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\Delta r}{r} \right) \cdot T_{i-1}^k,$$

де $\Delta r = 0,018$; r – кількість шарів; T_{i-1}^k – температура кипіння CO_2 для нульового шару.

Отримані результати зводимо в табл. 4.1.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Таблиця 4.1

 $T_o^u = 227,1 \text{ K}$

$i \backslash k$	0,9	0,918	0,936	0,954	0,972	0,990	1,008	1,026	1,044	1,08
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293
2	260,7	293	293	293	293	293	293	293	293	293
3	260,7	277,16	293	293	293	293	293	293	293	293
4	252,6	277,16	285,2	293	293	293	293	293	293	293
5	252,6	269,21	285,2	289,17	293	293	293	293	293	293
6	248,57	269,21	279,38	289,17	291,08	293	293	293	293	293
7	248,57	264,27	279,38	285,34	291,08	292,05	293	293	293	293
8	246,05	264,27	275	285,34	288,75	292,05	292,53	293	293	293
9	246,05	260,8	275	282	288,75	290,67	292,53	292,76	293	293
10	244,28	260,8	271,6	282	286,41	290,67	291,73	292,76	292,88	293
11	244,28	258,18	271,6	279,14	286,41	289,11	291,73	292,31	292,88	293
12	242,95	258,18	268,83	279,14	285,30	289,11	290,73	292,31	292,63	293
13	242,95	256,11	268,83	277,19	285,30	288,03	290,73	291,69	292,63	293
14	241,89	256,11	266,82	277,19	282,68	288,03	289,86	291,69	292,25	293
15	241,89	254,57	266,82	274,87	282,68	286,3	289,86	291,04	291,81	293
16	241,1	254,57	264,88	274,87	280,66	286,3	289,19	291,04	291,81	293
17	241,1	253,19	264,88	272,89	280,66	284,97	289,19	290,44	291,39	293
18	240,4	253,19	263,2	272,89	279,01	284,97	287,72	290,44	291,39	293
19	240,4	251,99	263,2	271,22	279,01	283,41	287,72	289,55	290,85	293
20	239,79	251,99	261,76	271,22	277,4	283,41	286,5	289,55	290,85	293
21	239,79	250,96	261,76	269,7	277,4	282	286,5	288,68	290,29	293
22	239,26	250,96	260,48	269,7	275,93	282	285,37	288,68	290,29	293
23	239,26	250,05	260,48	268,32	275,93	280,7	285,37	287,84	289,73	293
24	238,8	250,05	259,33	268,32	274,59	280,7	284,3	287,84	289,73	293
25	238,8	249,24	259,33	267,07	274,59	279,5	284,3	287,03	289,2	293
26	238,39	249,24	258,3	267,07	273,37	279,5	283,3	287,03	289,2	293

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

27	238,39	248,51	258,3	265,95	273,37	278,39	283,3	286,27	288,69	293
28	238,01	248,51	257,37	265,95	272,25	278,39	282,37	286,27	288,69	293
29	238,01	247,85	257,37	264,92	272,25	277,37	282,37	285,55	288,21	293
30	237,68	247,85	256,52	264,92	271,23	277,37	281,5	285,55	288,21	293
31	237,68	247,26	256,52	263,98	271,23	276,43	281,5	284,88	287,76	293
32	237,38	246,72	255,75	263,98	270,29	276,43	280,7	284,88	287,76	293
33	237,38	246,72	255,75	263,13	270,29	275,56	280,7	284,26	287,34	293
34	237,1	246,22	255,05	263,13	269,43	275,56	279,95	284,26	287,34	293
35	237,1	246,22	255,05	262,34	269,43	274,75	279,95	283,68	286,95	293
36	236,85	245,77	254,41	262,34	268,63	274,75	279,26	283,68	286,95	293
37	236,85	245,77	254,41	261,62	268,63	274,01	279,26	283,14	286,59	293
38	236,62	245,36	253,82	261,62	267,9	274,01	278,62	283,14	286,59	293
39	236,62	245,36	253,82	260,96	267,9	273,32	278,62	282,64	286,26	293
40	236,41	244,98	253,28	260,96	267,22	273,32	278,03	282,64	286,26	293
41	236,41	244,98	253,28	260,35	267,22	272,69	278,03	282,18	285,95	293
42	236,21	244,63	252,78	260,35	266,6	272,69	277,49	282,18	285,66	293
43	236,21	244,63	252,78	259,79	266,6	272,11	277,49	281,76	285,4	293
44	236,04	244,32	252,33	259,79	266,03	272,11	276,99	281,37	285,16	293
45	236,04	244,32	252,33	259,28	266,03	271,58	276,53	281,01	285,16	293
46	235,88	244,02	251,91	259,28	265,51	271,58	276,53	281,01	284,93	293
47	235,88	244,02	251,91	258,81	265,51	271,09	276,11	280,68	284,93	293
48	235,72	244,02	251,55	258,81	265,03	270,64	275,72	280,37	284,73	293
ΔT	0,16	0,3	0,36	0,47	0,48	0,45	0,39	0,31	0,2	

Розрахунок часу охолодження резервуару виконаний по формулі:

$$\Delta T = \frac{\Delta r^2}{2a}, c,$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						19

де $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$ – коефіцієнт температуропровідності; λ – коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м·К); ρ – щільність ізоляції, кг/м³; c – теплоємність ізоляції $\frac{кДж}{кг \cdot К}$;

$$a = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 0,96 \cdot 10^3} = 3,125 \cdot 10^{-8} \frac{М^2}{с};$$

$$\Delta T = \frac{(0,018)^2}{2 \cdot 3,125 \cdot 10^{-8}} = 1,4 \text{ год}$$

Розрахунок випаровуваності і тепло припливів рідини.

Випаровуваність обчислюється за формулою:

$$f = \frac{Q}{r}, \text{кВт/м}$$

де $Q = \sum_{i=1}^k q_i$ – сума тепло припливів через задані проміжки часу;

$$T = 5 \text{ год} \quad q_i = \frac{\pi \Delta T}{\sum_{i+1}^k \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}, \text{Вт} \quad q_1 = \frac{3,14 \cdot 1,600 \cdot (246,05 - 227,1)}{\frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \cdot \ln \frac{0,918}{0,9}} = 22,51 \text{Вт};$$

$q_2 = 22,07$ Вт; $q_3 = 13,25$ Вт; $q_4 = 13,01$ Вт; $q_5 = 4,37$ Вт; $q_6 = 4,3$ Вт; $q_7 = 0,637$ Вт; $q_8 = 0,635$ Вт.

$$Q = 22,51 + 22,07 + 13,25 + 13,01 + 4,37 + 4,3 + 0,637 + 0,635 = 80,467 \text{ Вт};$$

$T = 30$ год

$$q_1 = \frac{3,14 \cdot 1,600(236,21 - 227,1)}{\frac{1}{6 \cdot 10^{-3}} \cdot \ln \frac{0,918}{0,9}} = 10,82 \text{Вт};$$

$q_2 = 10,2$ Вт; $q_3 = 10,06$ Вт; $q_4 = 8,82$ Вт; $q_5 = 8,73$ Вт; $q_6 = 7,19$ Вт; $q_7 = 7,15$ Вт; $q_8 = 5,77$ Вт; $q_9 = 5,36$ Вт;

$$Q = 10,82 + 10,2 + 10,06 + 8,82 + 8,73 + 7,19 + 7,15 + 5,77 + 5,36 = 74,1 \text{ Вт}.$$

Звідси:

$$f_1 = \frac{Q_1}{r} = \frac{0,080467}{1281} = 6,26 \cdot 10^{-5} \text{ кг/год},$$

$$f_2 = \frac{Q_2}{r} = \frac{0,0741}{1281} = 5,77 \cdot 10^{-5} \text{ кг/год}$$

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2;$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{обц}} = 80,467 + 74,1 = 0,154 \text{ кВт.}$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

5. СХЕМА ТА ЦИКЛ ПОВТОРНОГО СКРАПЛЕННЯ ВУГЛЕКИСЛОТИ

5.1. Автомобільні цистерни для перевезення зріджених газів

Автомобільний транспорт перевозить у зрідженому вигляді метан, водень, кисень, азот, пропан, бутан, вуглекислоту та ін.

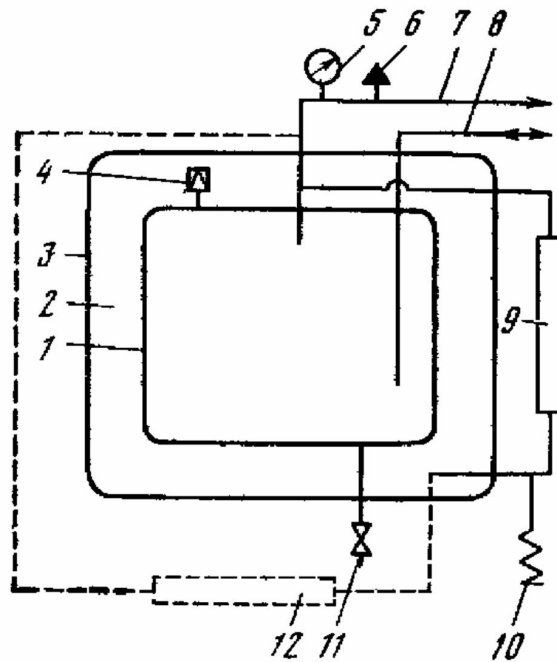


Рис. 5.1 – Схема типової цистерни для рідкого водню:

1 – внутрішній резервуар; 2 – термоізоляційний матеріал; 3 – зовнішній резервуар; 4 – запобіжна мембрана; 5 – манометр; 6 – запобіжний клапан;
7 – труба для скидання тиску; 8 – трубопровід для наливу і зливу водню;
9 – показчик рівня; 10 – випарник; 11 – патрубок для відбору проб;
12 – контроль вакууму в ізоляції

Конструкції цистерн для зріджених газів (криогенних рідин) визначаються головним чином температурою і тиском, при яких ці вантажі перевозяться. Температура зріджених газів коливається від -89 (етан) до -198 °С (азот і водень), а тиск – від $0,033$ (етан) до $0,05 - 0,1$ МПА (азот, водень).

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Рідкий кисень, водень і азот перевозять у цистернах сферичної чи циліндрової форми, ізольованих поліуретаном чи вакуум-порошковою ізоляцією.

Цистерни складаються з внутрішнього резервуара, зовнішнього кожуха і шару термоізоляції. Внутрішній резервуар виготовляється, як правило, з високоміцної конструкційної сталі, яка піддається загартуванню з наступним відпусченням, неіржавіючої сталі і з алюмінієвих сплавів.

Цистерни для перевезення зріджених газів, що мають температуру нижче -100°C , нагадують за конструкцією термос. Вони складаються з внутрішнього резервуара 1 (рис. 5.1), куди заливається зріджений газ, і зовнішнього 3, що стикається із зовнішнім повітрям. З метою обмеження випаровування рідкого газу (не $> 1\%$ у день) простір між внутрішнім і зовнішнім резервуарами заповнюється ізоляційним матеріалом 2 (наприклад, гранульованим перлітом, аерогелем і т.п.), а повітря з цього простору відсмоктується до розрідження 0,02 мм рт. ст. Такий високий ступінь розрідження вимагає високої технологічної культури і чистоти. Потрапляння мастила чи іншої рідини в порожнину між резервуарами призводить до випаровування вологи, унаслідок чого тиск у цій порожнині підвищиться, а ізоляція погіршиться. Іноді між ізоляцією і зовнішнім резервуаром циркулює рідкий азот (у цистернах для перевезення рідкого гелію).

З метою обмеження нагрівання зріджених газів за рахунок теплопровідності деталей, установлених між зовнішнім і внутрішнім резервуарами, трубопроводи 8 для наливання і зливання водню, а також опори внутрішнього резервуара виготовляються з мало теплопровідних матеріалів, а їхній переріз повинний бути мінімальним.

В наш час випускаються цистерни для перевезення зріджених газів двох типів: низького і високого тисків. Переважне поширення мають цистерни низького тиску. Розвантажуються вони за допомогою насосів. Цистерни високого тиску розвантажуються за допомогою занурення в зріджений газ

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

електронагрівників. Нагрівання зріджених газів викликає їх випаровування і самовивантаження.

Зовнішній резервуар має внутрішні ребра жорсткості для усунення можливості продавлювання її стінок під дією розрідження, створюваного між зовнішнім і внутрішнім резервуарами.

За внутрішнім тиском у цистерні водій стежить за манометром 5, встановленим в кабіні. Встановлений на зовнішньому резервуарі запобіжний (дисковий) клапан 6 миттєво спрацьовує у випадку ушкодження внутрішнього резервуара.

При підвищенні тиску у вакуумному кільцевому просторі спрацьовує мембрана 4.

Найбільш небезпечною із сучасних криогенних рідин є зріджений кисень, тому що пожежа у випадку його запалення дуже важко піддається гасінню. Тому безпека автомобільних цистерн для перевезення криогенних рідин (зріджених газів) забезпечується виходячи із найжорсткіших вимог, що висуваються до перевезень зрідженого кисню. Найбільшу небезпеку представляє ушкодження розвантажувального насоса (заїдання підшипників, надмірне збільшення частоти обертання вала, перегрів рідини, розрив крильчатки). Щоб усунути витік кисню через ушкоджений насос, передбачений запобіжний клапан, що автоматично перекриває всмоктувальну магістраль при несправності насоса. При можливих зіткненнях порошкова ізоляція запобігає ушкодженню внутрішнього резервуара.

Порівняно у великій кількості автомобільний транспорт перевозить рідку вуглекислоту. Основна кількість виробленої в нашій країні вуглекислоти перевозиться рухомим складом автомобільного транспорту в балонах.

Недолік цього способу перевезення полягає в тому, що близько 70% маси заповненого балона складає маса тари (коефіцієнт тари 2,7).

Можливими способами транспортування вуглекислоти є: трубопровідний; контейнерний (високого і низького тисків); у вигляді сухого льоду.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Контейнери (цистерни) високого тиску (до 6 МПа при 20 °С) мають високий коефіцієнт тари. У зв'язку з цим більш перспективним є спосіб перевезення вуглекислоти під тиском близько 1 МПа.

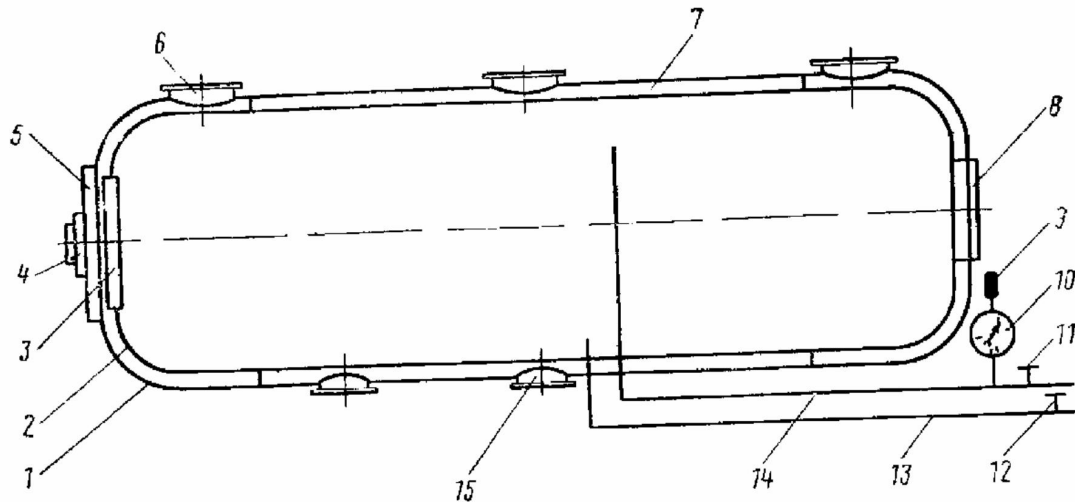


Рис. 5.2 – Схема цистерни для перевезення рідкої вуглекислоти:

1 – зовнішній кожух; 2 – резервуар; 3 – люк резервуара; 4 – мембрана; 5 – люк кожуха; 6 – люк для засипання ізоляції; 7 – термоізоляція; 8 – показчик рівня рідкої вуглекислоти; 9 – запобіжний клапан; 10 – манометр; 11 – вентиль газоподібної вуглекислоти; 12 – вентиль рідкої вуглекислоти; 13 – трубопровід рідкої вуглекислоти; 14 – трубопровід газоподібної вуглекислоти; 15 – люк для видалення ізоляції

Резервуари низького тиску (рис. 5.2) заповнюються рідкою переохолодженою ($-45\text{ }^{\circ}\text{C}$) вуглекислотою під тиском 0,8 МПа.

Вихідні дані: $Q_0 = 154\text{ Вт}$

температура кипіння $t_0 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$

температура конденсації $t_k = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

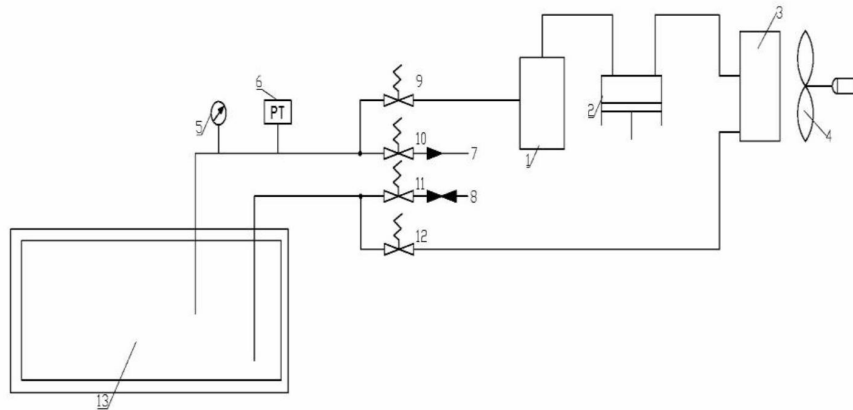
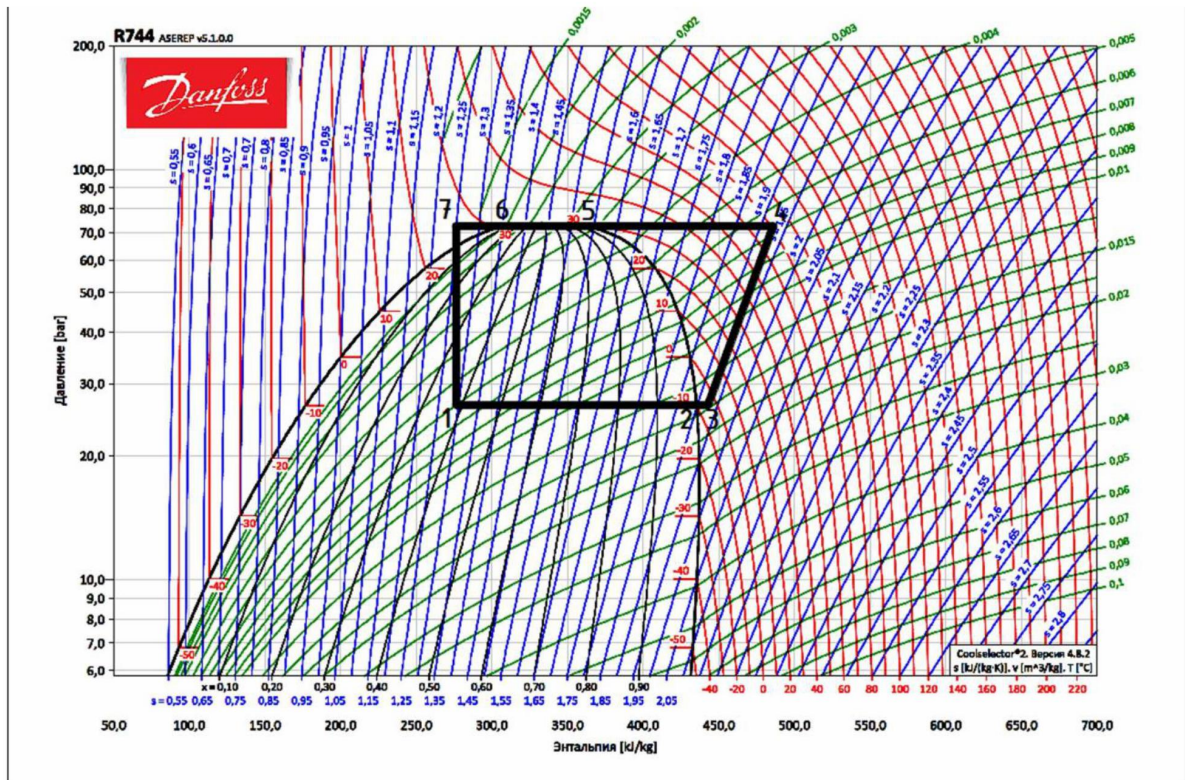


Рис. 5.3 – Принципова схема повторного скраплення (реконденсації) вуглекислоти:

- 1 – віддільник рідини; 2 – компресор; 3 – повітряний конденсатор;
 4 – вентилятор; 5 – манометр; 6 – реле тиску; 9...12 – соленоїдні клапани;
 13 – цистерна

Розрахунок циклу CO₂



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4

Таблиця 5.1 – Параметри циклу

Параметри	Од. вим.	Точки						
		1	2	3	4	5	6	7
Тиск, P	МПа	2,7	2,7	2,7	7,4	7,4	7,4	7,4
Температура, t	°С	-10	-10	-5	73	30	30	26
Ентальпія, h	кДж/кг	275	425	440	490	350	310	275
Об'єм, ν	м ³ /кг			0,015				

Питомі характеристики циклу.

Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = h_2 - h_1 = 425 - 275 = 150 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right) \quad (5.1)$$

Питома об'ємна холодопродуктивність:

$$q_\nu = \frac{q_0}{\nu_3} = \frac{150}{0,015} = 10000 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} \right) \quad (5.2)$$

Питома адіабатна робота стиску:

$$l_a = h_4 - h_3 = 490 - 440 = 50 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right) \quad (5.3)$$

Питоме тепло, що відводиться в конденсаторі:

$$q_k = h_4 - h_7 = 490 - 275 = 215 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right) \quad (5.4)$$

Масова витрата агенту:

$$M_a = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{0,154}{150} = 0,001 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right) \quad (5.5)$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_D = M_a \cdot \nu_3 = 0,001 \cdot 0,015 = 0,000015 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right) \quad (5.6)$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda'_w \quad (5.7)$$

де:

									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4				

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left[\left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (5.8) \quad \lambda'_w = \frac{T_0 + \theta}{\alpha \cdot T_k + \beta \cdot \theta} \quad (5.9)$$

де λ_c – коефіцієнт подачі, який враховує вплив «мертвого простору»; c – відносна величина «мертвого простору», в компресорі приймається $c = 0,03$; m – показник політропи зворотного розширення з «мертвого простору»; λ'_w – коефіцієнт, який враховує об'ємні втрати, обумовленні дроселюванням пари в клапанах, підігрів пари від стінок циліндра в процесі всмоктування, перетіканням з порожнини стискування в порожнину всмоктування в результаті внутрішніх не щільностей; θ – загальний перегрів робочої речовини на всмоктуванні:

$$\theta = t_1 - t_0 = -5 - (-10) = 5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.10)$$

$$\lambda_c = 1 - 0,03 \left[\left(\frac{7,4}{2,7} \right)^1 - 1 \right] = 0,95$$

$$\lambda'_w = \frac{263 + 5}{1,12 \cdot 303 + 0,5 \cdot 5} = 0,78$$

$$\lambda = 0,95 \cdot 0,78 = 0,741$$

Теоретична об'ємна продуктивність:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,000015}{0,741} = 0,00002 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right) \quad (5.11)$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l_a = 0,001 \cdot 50 = 0,05 \text{ (кВт)} \quad (5.12)$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i}, \text{ (кВт)} \quad (5.13)$$

де η_i – індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda'_w + b \cdot t_0 = 0,78 + 0,0025 \cdot (-10) = 0,755 \quad (5.14)$$

де b – коефіцієнт, $b = 0,0025$.

$$N_i = \frac{0,05}{0,755} = 0,066 \text{ (кВт)}$$

Потужність тертя:

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$N_{\text{тер}} = V_h \cdot P_{\text{ітер}} = 0,00002 \cdot 50 = 0,001 \text{ кВт} \quad (5.15)$$

де $P_{\text{ітер}}$ – середній індикаторний тиск тертя, приймаємо $P_{\text{ітер}} = 50$ кПа.

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_{\text{тер}} + N_i = 0,001 + 0,066 = 0,067 \text{ (кВт)} \quad (5.16)$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

6. РОЗРАХУНОК НАСОСА

6.1. Технічна характеристика насоса

Насос поршневий одноциліндровий з двоступеневим регулюванням продуктивності за рахунок змінення числа подвійних ходів поршня.

Основні параметри насоса

Надлишковий робочий тиск, МПа	22
Об'ємна продуктивність, л/год	392
Число подвійних ходів, хв ⁻¹	375
Діаметр циліндра, мм	35
Хід поршня, мм	40
Коефіцієнт подачі насоса	0,65

Призначення

Насос зріджування газів типу 2НСГ призначений для перекачування рідкого СО₂ з цистерни у балон.

6.2. Пристрій і робота насоса

Насос є поршневою одноциліндровою машиною з безступеневим регулюванням подачі при зупиненому електродвигуні.

Циліндрова група насоса, яка розташована горизонтально, встановлюється попереду кожуха блоку розділення або кожуха насосного агрегату.

Привід насоса здійснюється від асинхронного електродвигуна змінного струму типу 4А.

Обертальний рух електродвигуна сповільнюється одноступеневим редуктором за допомогою механізму руху поршня.

Регулювання подачі насоса досягається зміною ексцентриситету механізмом регулювання ходу поршня.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

При роботі насоса відбувається всмоктування скрапленого газу, підвищення тиску скрапленого газу та його нагнітання в трубопроводі.

Всмоктування відбувається в період зворотного ходу поршня.

Всмоктування починається в момент, коли тиск в робочій порожнині насоса стає нижче тиску в резервуарі із скрапленим газом, і закінчується у кінці зворотного ходу поршня.

При прямому ході поршня в робочій порожнині насоса відбувається підвищення тиску.

В момент, коли тиск в робочій порожнині стає вище за тиск в нагнітальному трубопроводі, відбувається нагнітання скрапленого газу, яке закінчується у кінці прямого ходу поршня.

Редуктор призначений для передачі обертання від електродвигуна на механізм руху з одночасним зниженням частоти обертання.

Прямозуба циліндрова зубчаста передача з внутрішнім зачепленням призначена для пониження числа обертів і відповідної зміни крутильного моменту електродвигуна і передачі обертання на вал механізму руху.

Змащення трибової пари здійснюється зануренням її в масляну ванну.

Циліндрова група призначена для забезпечення перекачування скрапленого газу з блоку розділення або резервуару в лінію нагнітання.

Поршень призначений для забезпечення підвищення тиску в порожнині робочої втулки і виштовхування скрапленого газу з робочої втулки при нагнітанні. Поршень здійснює зворотньо-поступальні рухи в робочій втулці. Поршень складається із складових частин:

- спрямувальних кілець (2 шт.);
- поршневих кілець (8 шт.);
- експандерів (4 шт.).

Поршневі кільця розташовані попарно в чотирьох канавках з розворотом замків на 150...180°.

Спрямувальні кільця орієнтують поршень по осі робочої втулки.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Всмоктувальний клапан призначений для з'єднання порожнини робочої втулки зі всмоктувальним трубопроводом в процесі всмоктування і роз'єднання в процесі підвищення тиску і нагнітання.

Нагнітальний клапан призначений для з'єднання порожнини робочої втулки з лінією нагнітання в процесі нагнітання і роз'єднання їх в процесі всмоктування.

6.3. Розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкції насоса

Розрахунок геометричних параметрів циліндра.

Середня продуктивність насоса по рідкому продукту при наповненні балонів до тиску 21,6 МПа.

$$Q = 392 \pm 52 \text{ (л/год)}.$$

Середній розрахунковий тиск нагнітання $P_{cp} = 19,6$ МПа.

Коефіцієнт подачі насоса $\lambda = 0,65$.

$$\lambda = \frac{Q}{V_{оп}} \quad (6.1)$$

де Q – продуктивність насоса, л/год; $V_{оп}$ – описаний об'єм циліндра, л/год.

Звідси описаний об'єм циліндра:

$$V_{оп} = \frac{Q}{\lambda} = \frac{392}{0,65} = 603,07 \frac{\text{л}}{\text{год}} \quad (6.2)$$

Визначуваний хід поршня одноциліндрового насоса з діаметром циліндра $D = 3,5$ см при числі подвійних ходів $n = 375$ хв⁻¹.

$$S = \frac{V_{оп}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = \frac{603,07}{0,785 \cdot 3,5^2 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 375} = 2,8 \text{ см} \quad (6.3)$$

Округлюючи до найближчого більшого, приймаємо $S = 30$ мм.

Уточнений описаний об'єм циліндра:

$$V_{оп} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot S \cdot n \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 0,785 \cdot 3,5^2 \cdot 2,8 \cdot 375 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 606 \frac{\text{л}}{\text{год}} \quad (6.4)$$

Продуктивність насоса по рідині:

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 0,65 \cdot 606 = 393,9 \text{ л/год} = 0,709 \text{ л/с.}$$

6.4. Розрахунок споживаної потужності

Потужність електродвигуна визначається по формулі:

$$N_{\text{дв}} = \frac{V_{\text{оп}} \cdot P_{\text{к}}}{3600 \cdot \eta} = \frac{606 \cdot 21,6}{3600 \cdot 0,8} = 4,54 \text{ кВт (6.5)}$$

де $V_{\text{оп}} = 606 \text{ л/год}$ – описаний об'єм; $P_{\text{к}} = 21,6 \text{ МПа}$ – максимальний тиск нагнітання; $\eta = 0,8$ – повний ККД насосу.

6.5. Розрахунок швидкостей скрапленого газу

Швидкості скрапленого газу в прохідних перерізах всмоктувального і нагнітального клапанів визначаємо по рівнянню нерозривності потоку рідини, тобто:

$$V \cdot F = \text{const}$$

де V – швидкість рідини в перерізі; F – площа перерізу.

Знаючи середню швидкість поршня $V_{\text{п}} (V_{\text{п}} = \frac{S \cdot 4}{30})$ і площу поршня $F_{\text{п}}$, визначаємо швидкість рідини у будь-якому перерізі клапана:

$$V_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} = V_i \cdot F_i \quad (6.6)$$

де F_i і V_i – відповідно, площа і швидкість довільного перерізу клапана.

$$F_{\text{п}} = 0,785 \cdot 3,5^2 = 9,616 \text{ см}^2$$

$$V_{\text{п}} = \frac{4 \cdot 375}{30} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Швидкість рідини в довільному перерізі клапана визначаємо по формулі:

$$V_i = \frac{F_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}}{F_i}$$

Результати розрахунку швидкостей скрапленого газу в перерізі всмоктувального і нагнітального клапанів зведені в табл. 6.1 і 6.2.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1

Номери перерізів	Площа перерізу $F_i, \text{м}^2$		Швидкість $V_i, \text{м/с}$
	Формула	Величина	
<i>I – I</i>	$F_1 = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot (d_5^2 - d_6^2) \cdot 3 \cdot 60^\circ}{360^\circ} + \frac{3\pi}{4} \cdot d_7^2$	$3,846 \cdot 10^{-4}$	1,25
<i>II – II</i>	$F_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_3^2 - d_4^2)$	$3,014 \cdot 10^{-4}$	1,59
<i>III – III</i>	$F_3 = \pi \cdot d_3 \cdot (h + 0,001) \cdot \cos 45^\circ$	$2,931 \cdot 10^{-4}$	1,64
<i>IV – IV</i>	$F_4 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2)$	$2,158 \cdot 10^{-4}$	2,23

$$V_i = \frac{4,808 \cdot 10^{-4}}{F_i}$$

Таблиця 6.2

Номери перерізів	Площа перерізу $F_i, \text{м}^2$		Швидкість $V_i, \text{м/с}$
	Формула	Величина	
<i>I – I</i>	$F_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2$	$1,86 \cdot 10^{-4}$	2,6
<i>II – II</i>	$F_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d_3^2)$	$1,106 \cdot 10^{-4}$	4,34
<i>III – III</i>	$F_3 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_3^2 - d_4^2)$	$1,44 \cdot 10^{-4}$	3,34
<i>IV – IV</i>	$F_4 = \frac{4 \cdot \pi}{4} \cdot d_4^2 = \pi \cdot d_4^2$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	1,26
<i>IV – IV</i>	$F_5 = \frac{\pi}{4} \cdot d_5^2$	$2,27 \cdot 10^{-4}$	2,12

6.6. Міцнісний розрахунок деталей всмоктувального клапана

Величина питомого тиску на опорну площу сідла клапана:

$$Q = P / F \quad (6.7)$$

де P – зусилля, що діють на клапан, притиснутий до сідла; F – проекція поверхні контакту клапана і сідла на площину, перпендикулярну осі клапана.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$P = P_c^{max} + P_y \quad (6.8)$$

де P_c^{max} – осьове зусилля; P_y – ударне навантаження.

$$P_c^{max} = P_k \cdot f_T \cdot 10^6, \text{ Н} \quad (6.9)$$

де $P_k = 21,6$ МПа – максимальний тиск нагнітання; f_T – площа тарілки клапана, що сприймає тиск.

$$f_T = \frac{\pi}{4} \cdot (d_3 + b)^2 = 0,785 \cdot (2,2 + 0,15)^2 \cdot 10^{-4} = 4,335 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (6.10)$$

$$P = P_c^{max} = 21,6 \cdot 4,335 \cdot 10^{-4} \cdot 10^6 = 9363 \text{ Н} = 936 \text{ кг}$$

Всмоктувальний клапан зображений на рис. 6.1.

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot [(d_3 + 2 \cdot b)^2 - d_3^2] \cdot 10^{-4} = 0,785 \cdot [(2,2 + 0,3)^2 - 2,2^2] \cdot 10^{-4} \\ = 1,41 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (6.11)$$

$$q = \frac{9363}{1,41 \cdot 10^{-4}} = 66,4 \text{ МПа}$$

Рекомендований питомий тиск $[q] = 100,0$ МПа

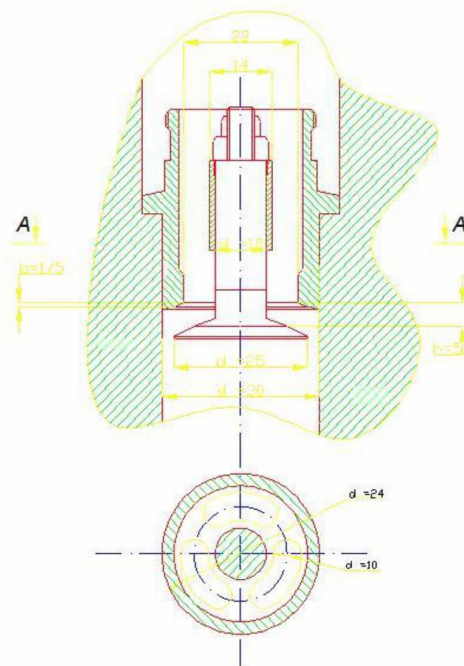


Рис. 6.1 – Клапан всмоктувальний

6.7. Міцнісний розрахунок деталей нагнітального клапана

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Величину питомого тиску на опорну площу сідла клапана визначаємо по формулі:

$$P = P_c^{max} = P_k \cdot f_T \cdot 10^6, \text{ Н} \quad (6.12)$$

$$f_T = \frac{\pi}{4} \cdot d_6^2 = 0,785 \cdot 21^2 \cdot 10^{-6} = 3,46 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (6.13)$$

$$q = \frac{7477}{160 \cdot 10^{-6}} = 46,73 \text{ МПа}$$

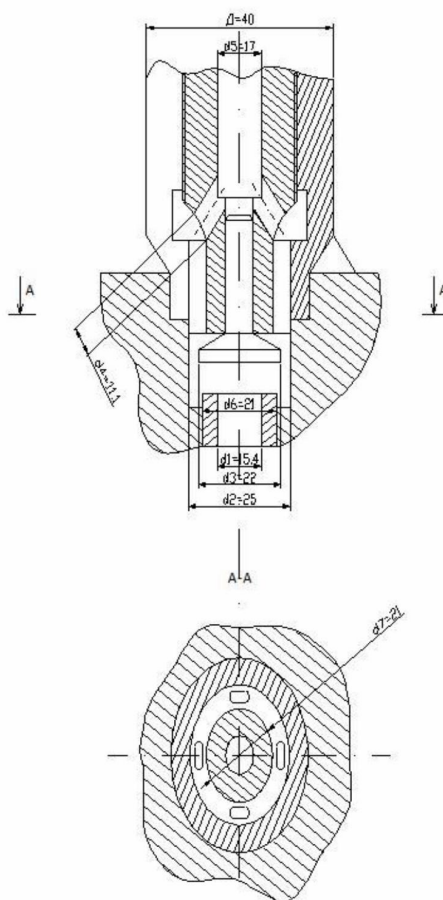


Рис. 6.2 – Клапан нагнітальний

Зварне з'єднання корпусу нагнітального клапана і корпусу циліндрової групи схильне до напруги розтягування, що розраховується по формулі:

$$T_p = \frac{P}{l \cdot S} \leq [T_p'] \quad (6.14)$$

де P – навантаження на з'єднання:

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$P = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{сер}}^2 \cdot P_k = 0,785 \cdot 3,0^2 \cdot 10^{-4} \cdot 21,6 = 15,3 \cdot 10^{-3} \text{ МПа} = 15300 \text{ Н}$$

$$= 1530 \text{ кг} \quad (6.15)$$

де $P_k = 21,6$ МПа – тиск нагнітання; $d_{\text{сер}} = 3,0 \cdot 10^{-2}$ м – середній діаметр прокладення.

l, S – відповідно, довжина шва і товщина деталей, що сполучаються.

$$L = 3,14 \cdot 0,045 = 0,141 \text{ м};$$

$$S = 0,005 \text{ м}.$$

Клапан нагнітальний зображений на рис. 6.2.

$$T_p = \frac{153 \cdot 10^{-4}}{0,141 \cdot 0,005} = 21,7 \text{ МПа}$$

$$[T'_p] = 0,8 \cdot [T_p] = 0,8 \cdot 0,6 \cdot T_T = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 200 = 96 \text{ МПа} \quad (6.16)$$

де 0,8 – коефіцієнт міцності зварного шва; $T_T = 200$ МПа – межа текучості для сталі 12x18Н9Т ГОСТ 5632-72; 0,6 – перевідний коефіцієнт.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

7. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Основною апаратурою, яка застосовується в системах автоматизації, є засоби вимірів, що серійно випускаються приладобудівною промисловістю, входять в Державну систему приладів (ДСП). В установках низькотемпературного розділення газу, внаслідок їх вибухо- і пожежонебезпечності, наявність відповідного джерела енергії (очищеного повітря), інерційності технічних процесів, переважне застосування приладів пневматичної гілки ДСП. Використання пневматичних приладів забезпечує також порівняно нижчу вартість комплектації, економію електроенергії і підвищенню надійності.

Вимоги по класу точності вимірювальних комплектів для промислових систем автоматичного контролю складають 0,25 – 1,5, по порогу чутливості – не більше 0,05 – 0,1 % діалоґону шкали, по швидкодії – не більше 16 с.

Вибір лінії зв'язку визначається видом енергії, прийнятим в системі, відстанню від місця виміру і характеристикою зовнішнього середовища. По виду енергії дистанційні передачі діляться на пневматичні і електричні.

Пневматичні дистанційні передачі широко використовуються при автоматизації криогенних установок. Діапазон зміни вимірювального і регульовального сигналів знаходиться в інтервалі 0,02 – 0,1 МПа. Дистанційність передачі знаходиться в межах 300 м.

При виборі вторинних приладів важливим показником є діапазон шкали, що охоплює усі можливі значення вимірюваної величини. Вторинні прилади слід вибирати по шкальній, при якій максимум вимірюваної величини знаходиться в межах 0,75 діапазону шкали.

7.1. Опис роботи вузлів функціональної схеми автоматизації

Рідкий CO₂ з резервуару ізотермічного РИ через вентиль В33 і фільтр Ф надходить в поршневий насос НР, після якого він ділиться на два потоки.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

На виході з насоса НР встановлений електроконтактний манометр (ПОЗ.11.). При перевищенні тиску вище норми, електроконтактний манометр відключає насос і включає сигнальну лампу НЛ («Тиск вище норми»).

Рідкий двоокис вуглецю через вентиль В38, клапан розподільний триходовий Р1, зворотний клапан КО1 надходить у балон БЛ1. Після клапана КО1 встановлений перетворювач надлишкового тиску МС – П2. Прилад контролює тиск рідкого двоокису вуглецю, що надходить у балон (ПОЗ.8) і показувального приладу з сигнальним облаштуванням ПКП.1Э (ПОЗ.8-1).

Вимір температури CO₂ перед заправкою балонів здійснюється термоопором ТСП- 1088 в комплекті з логометром типу Ш6900 (ПОЗ.6-1), встановленому на щиті.

Після заповнення балона БЛ1 автоматично перемикається клапан розподільний триходовий Р1 і рідкий CO₂ через вентиль В38, клапан Р1 і вентиль В313 надходить в резервуар ізотермічний. Після установки нового балона перемикається клапан Р1 і процес повторюється спочатку.

Рідкий двоокис вуглецю через вентиль В39, клапан Р2, зворотний клапан КО2 надходить у балон БЛ2. Після клапана КО2 встановлений прилад.

Контроль тиску рідкого двоокису вуглецю, що надходить з насоса НР, виконується за допомогою перетворювача надлишкового тиску типу МС – П2 (ПОЗ.9) і показувального приладу з сигнальним облаштуванням ПКП.1Э (ПОЗ.9-1).

Вимір температури рідкого двоокису вуглецю перед заправкою балона БЛ2 здійснюється термоопором ТСП – 1088 (ПОЗ.7) в комплекті з логометром типу Ш6900 (ПОЗ.7-1), встановленому на щиті. Після заповнення балона БЛ2 автоматично перемикається клапан Р2 і рідкий двоокис вуглецю через вентиль В39, клапан Р2 і вентиль В313 надходить в резервуар ізотермічний.

Заповнення балонів відбувається поперемінно. При заповненні БЛ1 рідким двоокисом вуглецю заповнення БЛ2 не відбувається і навпаки.

Для нормальної роботи насоса НР неприпустимо скипання рідини у всмоктувальних трубопроводах, для цього рідину необхідно

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переохолоджувати. Для здійснення необхідного блокування і сигналізації про відключення температури CO₂ від заданого значення застосовується реле температури ТУДЭ (ПОЗ.10.).

Вимір рівня виконується вимірювальним перетворювачем різниці тисків 13ДД11-Т (ПОЗ.5), пневматичний сигнал якого, пропорційний рівню рідини, надходить до вторинного приладу ФІ0072 (ПОЗ.5-1).

Контроль тиску в резервуарі ізотермічному здійснюється за допомогою перетворювачів надлишкового тиску типу МС-П2 (ПОЗ.3, 4) і вторинних пневматичних показувальних приладів типу ФІ0072 (ПОЗ.3-1, 4-1).

Для здійснення необхідного блокування і сигналізації про відхилення тиску від заданого застосовується реле тиску Д220 (ПОЗ.1,2).

Переохолодження CO₂ досягається підвищенням тиску в резервуарі ізотермічному.

Рідина з РІ через вентиль В36 надходить в газифікатор Г, де вона газифікується і через вентиль В316 і обвідний трубопровід надходить в РІ в якому підвищується тиск.

Перелік і типи приладів функціональної схеми автоматизації приведені в специфікації.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

8. БІЗНЕС ПЛАН ПРОЕКТУ

8.1. Характеристика установки

Заправник рідкої вуглекислоти призначений для транспортування і короткочасного зберігання, а також наповнення вуглекислотою балонів.

Останнім часом CO₂ знаходить широке застосування. CO₂ застосовується в харчовій промисловості для насичення алкогольних і безалкогольних напоїв вуглекислим газом; у зберіганні харчових продуктів CO₂ застосовується в якості інертного середовища; у зварюванні також в якості інертного середовища.

Вуглекислота застосовується також в якості пожежогасного середовища, що ефективніше і прогресивніше, чим використання води, оскільки вуглекислота не завдає шкоди об'єктам гасіння.

На судах використовується тільки CO₂ для ліквідації дрібних пожеж.

Сфера застосування CO₂ усе більш розширюється.

Заправник CO₂ призначений для постачання споживачів з потребою до 80 тон/год. Дозволяє ліквідувати нерентабельне транспортування CO₂ у балонах (один балон вміщує 24 кг CO₂, а важить в 2 рази більше) пов'язано з великими витратами.

Впровадження заправника дозволяє підприємству постачальникові забезпечити відразу декілька підприємств – споживачів, шляхом заправки балонів безпосередньо у споживача, виключаючи при цьому усі витрати на перевезення балонів.

Маса CO₂, що перевозиться заправником, забезпечує заправку приблизно 140 балонів (з урахуванням невисмаковуваного залишку).

Для перевезення такої кількості балонів знадобилися б 4 автомобілі аналогічно тягачу заправника. Схема установки передбачає заправку відразу двох балонів, що скорочує час роботи. Також схема передбачає заправку місткостей для CO₂ самопливом або за допомогою насоса відцентрового типу, що забезпечує швидке переливання.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Після подолання економічної кризи в країні «Кислородмаш» може провести розробку нових установок або удосконалення нинішніх.

Для налагодження виробництва і реалізації цих установок потрібні великі капітальні вкладення. Такі капітальні вкладення потрібні і для реклами. Для виробництва і реалізації проекрованої установки потрібні інвестиції в цю галузь виробництва.

Проектована установка: транспортна цистерна для перевезення рідкого двоокису вуглецю $V = 5 \text{ м}^3$, надлишковий тиск $P = 2,0 \text{ МПа}$ з вакуумно-поршневою ізоляцією (перліт спучений). Основною відмінністю проекрованої установки від аналога є місткість резервуару. Установка може широко використовуватися в країнах з різними кліматичними умовами.

Ця установка повинна викликати великий інтерес на міжнародному ринку, оскільки її технічні характеристики дозволять в найкоротші терміни забезпечити споживача рідким двоокисом вуглецю, зменшуючи навантажувально-розвантажувальні, а також транспортні витрати.

В результаті цього споживач рідкого CO_2 може заощадити на ній значні матеріальні, енергетичні і грошові засоби.

Установка може транспортуватися практично на будь-яких транспортних засобах: морським, повітряним, автомобільним і залізничним транспортом.

Також установка може використовуватися для пожежогасіння, не завдаючи шкоди об'єктам, на відміну від води.

Нині науково-технічний прогрес проходить без використання криогенних рідин. Споживання рідкого двоокису вуглецю з кожним роком неухильно зростає. CO_2 використовують у багатьох галузях техніки в якості інертного середовища.

Ця установка має перевагу над своїми попередниками. Ця установка може одночасно заповнити два балони. На відміну від інших установок у цього заправника усі агрегати наповнення знаходяться на напівпричепі разом з

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

резервуаром. Таким чином, підприємствам, споживачам рідкого двоокису вуглецю, немає необхідності закупувати сам агрегат наповнення балонів.

8.2. Розробка маркетингової стратегії

Нині реалізація цієї установки для транспортування рідкого CO₂ має великі перспективи. Ці установки є новими в плані транспортування рідкого CO₂, вони потребують професійної, добре підготовленої і постійної реклами.

Завдяки рекламі ці установки почнуть користуватися інтересом у закордонних, а також вітчизняних споживачів. Ці установки потребують підприємства, які займаються виготовленням алкогольних і безалкогольних напоїв, а також підприємства, на яких потрібне зберігання харчової продукції тривалий час, оскільки вуглекислота використовується в якості інертного середовища.

За своїми технічними характеристиками ця установка не поступається зарубіжним аналогам, а в деяких випадках – перевершує останніх.

Нині, «Кислородмаш» у стані робити будь-яку кількість таких установок високої якості в найкоротші терміни.

Для успішної реалізації цієї установки потрібні добре навчені рекламні агенти, які знаходячись в різних районах країни, повинні переконати керівництво підприємств, споживаючих CO₂, в необхідності купівлі цієї установки. Необхідно пропонувати максимально вигідні умови для споживачів рідкого CO₂.

8.3. Оцінка ринку збуту

Кількість підприємств, які потребують рідкий двоокис вуглецю, з кожним роком збільшується. З'являються дрібні приватні виробництва, різні фірми, які використовують CO₂ для своїх потреб. В результаті цього з'являється необхідність в найкоротші терміни доставляти рідкий двоокис вуглецю споживачам.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Ця установка дозволяє вирішити усі ці питання одночасно. Вона може транспортувати CO₂ на великі відстані і на місці робити заправку балонів.

Також ця установка за ціною не перевищує зарубіжні аналоги. Тому її можуть закуповувати і зарубіжні споживачі.

Важливим ринком збуту заправника є країни ближнього зарубіжжя. Через відсутність необхідного устаткування і технології виробництва цих установок, деякі країни ближнього зарубіжжя вимушені будуть купувати цю установку. В результаті цього збільшиться ринок збуту.

8.4. Конкуренція

В результаті розпаду СРСР деякі підприємства, які раніше спеціалізувалися на виробництві установок для перевезення CO₂, стали незалежними державами, а значить – конкурентами. Конкуренція також є і на заході.

Головне, в чому вони можуть конкурувати з нашою установкою, – це дизайн продукції. Але і в цій області наша промисловість досягла успіхів. Ця установка максимально проста у використанні.

Необхідно сказати, що у нас, як і за кордоном, постійно удосконалюється устаткування, прилади, техніка для транспортування. В результаті зменшення матеріальних засобів на розробку і виробництво подібних заправників підприємство все ще може конкурувати із зарубіжними аналогами.

8.5. Обґрунтування ціни

Ціна цієї установки залежить від вартості матеріалу, з якого вона виготовлена, складнощів виготовлення і попиту на цю установку.

Ціни на цю установку динамічні і залежать від величини витрат виробництва, обумовлених рівнем техніки і продуктивності праці, використанням фондів і трудових ресурсів, а також від умов споживання цієї

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

продукції і міри її засвоєння, від створення виробництва нових виробів підвищеної якості, які замінюють ті, що раніше випускалися.

8.6. Організаційне і фінансове забезпечення виробництва

Форми організації і розміщення виробництв мають принципове значення для виявлення економічної ефективності капітальних вкладень. Висока концентрація і правильне розміщення виробництв, організація найбільш доцільних транспортних засобів забезпечують підвищення ефективності капітальних вкладень, створюють можливість комплектувати виробництва машинами і апаратами великої одиничної потужності, що призводить до скорочення як питомих капітальних вкладень, так і експлуатаційних витрат на одиницю продукції.

Збільшення обігових коштів за рахунок власних джерел підприємства забезпечується за планом фінансування приросту власних обігових коштів з прибутку.

Фінансовий план підприємства складається у вигляді балансу доходів і витрат і складається з наступних розділів: доходи і надходження коштів; витрати і відрахування коштів; кредитні взаємовідносини; взаємовідносини з бюджетом.

Фінансовий план служить важливим засобом для здійснення принципу господарського розрахунку, організації фінансів підприємств і повсякденного контролю за їх виробничо-господарською діяльністю.

Виручка від реалізації, використовувана для оплати сировини, матеріалів, палива та інших матеріальних ресурсів, є частиною обігових коштів, які постійно беруть участь в кругообігу і забезпечують безперервність виробничого процесу виробництва і реалізації продукції.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ

Техніко-економічні показники.

Місткість резервуару, м ³	5,0
Маса рідкого CO ₂ , кг	4800
Час заповнення одного балона місткістю 40л, с (хв)	300 (5,0)
Надлишковий робочий тиск в ізотермічному резервуарі, МПа (кгс/см ²)	1,96 (20)

9.1. Визначаємо річну продуктивність установки

Таблиця 9.1 – Розрахунок часу циклу для заправника для середнього споживача

Найменування показників	Познач.	Величини
1. Час наливання рідкого CO ₂ в заправник	t_1	15:60=0,25
2. Час на завезення до споживача	t_2	9:60=0,15
3. Час підготовки до роботи	t_3	10:60=0,16
4. Тривалість пускового періоду	t_4	12:60=0,2
5. Час на підключення і відключення балону	t_5	$\frac{5,4 + 10,4 \cdot 12,71}{60} = 1$
6. Час заповнення балона	t_6	$\frac{5 + 137}{60} = 11,4$
7. Час руху	t_7	240:40=6
Разом	$T_{\text{ц}}$	19,2

Кількість циклів за рік складає:

$$I_{\text{ц}} = \frac{F}{T_{\text{ц}}} = \frac{4048}{19,2} = 211 \quad (9.1)$$

де F – дійсний річний фонд часу; $T_{\text{ц}}$ – тривалість роботи при транспортуванні рідкого CO₂ на відстань 120 км.

$$G_{\text{год}} = (T - T_0) \cdot I_{\text{ц}} = (4800 - 500) \cdot 211 = 907300 \text{ кг} \quad (9.2)$$

де T – маса рідини CO_2 , що перевозиться в заправнику; T_0 – невисмоковуваний залишок рідини.

9.2. Капітальні вкладення

При визначенні капітальних вкладень враховуються:

- вартість устаткування технологічного;
- витрати на комплектацію.

Таблиця 9.2 – Розрахунок капітальних вкладень

Найменування робіт або витрат	Кількість	Кошторисна вартість
Ізотермічний резервуар	1	44000
Насос	1	13000
Напівпричіп	1	15000
Інше невраховане устаткування	10% вартість устаткування	7200
Всього вартість устаткування	A	79200
Тягач ЗІЛ-130	1	22000
КІП і автоматизація	3% від A	2376
Всього витрат на устаткування		103576
Проектні роботи	20% від A	15840
Разом капітальних витрат		119416

9.3. Експлуатаційні витрати споживача

В розрахунок експлуатаційних витрат споживача враховані витрати на функціонування проекрованої установки.

$$C = C_{з.пл.} + C_{арм.отч.} + C_{обр} \quad (9.3)$$

9.3.1. Визначаємо заробітну плату промислового персоналу.

Фонд заробітної плати по тарифних ставках визначається по формулі:

$$\Phi_3 = n \cdot C_T \cdot \Phi_P = 1 \cdot 4 \cdot 4048 = 16192 \text{ грн, грн} \quad (9.4)$$

де $n = 1$ чол. – кількість робітників; $C_T = 4$ грн/год – годинна тарифна ставка;

$\Phi_P = 4048$ год – фонд робочого часу одного робітника;

Преміальні доплати приймаються у розмірі 40 % від фонду заробітної плати по тарифних ставках:

$$\Phi_{ПР} = \Phi_3 + \Phi_3 \cdot 0,4 = 16192 + 16192 \cdot 0,4 = 22668,8 \text{ грн} \quad (9.5)$$

Понад цього 20 % складають усі види доплат за фактично відпрацьований час:

$$\Phi_{ДОП} = \Phi_3 \cdot 0,2 = 16192 \cdot 0,2 = 3238,4 \text{ грн} \quad (9.6)$$

Визначаємо суму фондів основної і додаткової заробітної плати:

$$\Phi_{СУМ} = \Phi_{ПР} + \Phi_{ДОП} = 22668,8 + 3238,4 = 25907,2 \text{ грн} \quad (9.7)$$

Відрахування на соціальне страхування приймаються відповідно до закону України:

$$C_{ОТЧ} = \Phi_{СУМ} \cdot K = 25907,2 \cdot 0,413 = 10699,6736 \text{ грн} \quad (9.8)$$

де $K = 41,3$ % – сумарний коефіцієнт, що враховує відрахування до фонду соціального страхування.

Таблиця 9.3 – Розрахунок заробітної плати промислового персоналу

Посада	Чисельність	Годинна тарифна ставка	Загальний річний фонд заробітної плати
Водій	1	4	25907,2

9.3.2. Визначаємо витрати на спеціальний ремонт і вміст устаткування

Таблиця 9.4 – Витрати на спеціальний ремонт і вміст устаткування

Показники	Величина
Капітальні вкладення споживача в устаткування, грн	103576

Витрати на спеціальний ремонт і зміст устаткування, грн	$103576 \cdot 0,02 = 2071,52$
---	-------------------------------

9.3.3. Визначаємо амортизаційні відрахування

Таблиця 9.5 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Показники	Величина
Капітальні вкладення споживача в устаткування, грн	103576
Норма амортизаційних відрахувань(15%), грн	15536,4
Разом амортизаційних відрахувань, грн	15536,4

9.3.4. Зведений розрахунок експлуатаційних витрат споживача

Таблиця 9.6

Статті витрат	Сума, грн/рік
Всього витрат на функціонування заправної установки, у тому числі:	98187.5832
– ГСМ	54672.4632
– заробітна плата промислового персоналу	25907.2
– амортизаційні відрахування	15536.4
– спеціальний ремонт і зміст устаткування	2071.52
Разом, I	98187.5832

9.4. Прибуток від реалізації рідкого CO₂

$$P_{\Gamma} = C_{CO_2.жс} - I - ПДВ - Н_{ПРБ} = 680490 - 98187,5832 - 136098 - 95268,6 = 350935,8168 \text{ грн/рік (9.9)}$$

де

$$C_{CO_2.жс} = 907300 \cdot 0,75 = 680490 \text{ грн/рік (9.10)}$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

де 0,75 – вартість 1 кг рідкої CO₂.

$I = 98187,5832$ грн/рік – експлуатаційні витрати споживача; ПДВ = 136098 грн/рік – 20 % від $C_{CO_2.ж}$; $НПРБ = 95268,6$ грн/рік – 70% від ПДВ

9.5. Термін окупності витрат

$$T_{OK} = \frac{K}{\Pi_{\Gamma}} = \frac{119416}{350935,8168} = 0,34 \text{ роки} \quad (9.11)$$

9.6. Економічна ефективність

$$E = \frac{1}{T_{OK}} = \frac{1}{0,34} = 2,9 \quad (9.12)$$

9.7. Визначаємо річний економічний ефект

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = \Pi_{\Gamma} - E_H \cdot K = 350935,8168 - 0,2 \cdot 119416 = 327052,6168 \quad (9.13)$$

де $E_H = 0,2$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності

Найменування показника	Значення
Об'єм резервуару, м ³	5
Максимальний тиск, МПа	2
Споживана потужність, кВт	10,5
Термін служби, років	6
Капітальні вкладення, грн/рік.	119416
Експлуатаційні витрати, грн/рік.	98187,5832
Річний прибуток, грн/рік.	350935,8168
Термін окупності, років.	0,34
Коефіцієнт віддачі від вкладеного капіталу	2,9

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

– **науково-технічний ефект**, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;

– **економічний ефект** полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як в цілому для народного господарства, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відображати вплив їхньої результативності на розвиток економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;

– **соціальний ефект**, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;

– **маркетинговий ефект**, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника ($O_{НТЕ}$), який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad (9.1)$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{НТЕ}^Ф$ – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K_{НТЕ}^П$ – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника $K_{НТЕ}^Ф$ визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 9.1).

Таблиця 9.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,35
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4

Арк.

52

		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспектив ність	Першочерг ова значущість	8 – 10	0,35
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	
3	Потенційни й масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
		Галузі національної економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогіднос-ті досягнення пози- тивних результатів	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

Примітка: об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

Проведення оцінки

Визначають $K_{НТЕ}^{\Phi}$ на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розроблюють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл.9.1.

До числа специфічних показників відносять:

- **для нової техніки:** продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- **для нових матеріалів і речовин:** вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці ... нового матеріалу;
- **для нових технологій:** якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення $K_{НТЕ}^Ф$ у табл. 9.2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 9.2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	ВАРІАНТИ ТЕХНОЛОГІЙ	
	розробленої	співвідносної (аналога)
Рівень новизни	світовий	-
Якість продукції	найвища	вища
Споживання на 1 т продукції		
– тепла, Гкал	5,14	6,85
– електроенергії, кВт·годину	46,72	54,36
– води, м ³	4,13	3,12

Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну	17,5	6,17
--	------	------

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$\text{НТЕ} = \sum \text{Б}_i \times \text{К}_i^3 \quad (9.2)$$

де $i = 1 \div 4$,

Б_i – бали (рейтингове число),

К – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 9.3).

Таблиця 9.3

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	8	8	9	8,33	2,91 (8,33 x 0,35)
2	Перспективність	6	7	6	6,33	2,21 (6,33 x 0,35)
3	Потенційний масштаб практичного використання	4	5	5	4,67	0,93 (4,67 x 0,20)
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	7	8	7	7,33	0,73 (7,33 x 0,10)
В С Ь О Г О						6,78

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

$$\text{НТЕ} = 7 \cdot 0,35 + 6 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,1 = 2,45 + 2,1 + 1 + 0,6 = 6,15$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ($10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$).

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ($K_{НТЕ}$):

$$K_{НТЕ} = \frac{НТЕ}{10} \cdot 100 \%$$

На основі даних табл. 7.3 можна дійти до висновку, що $K_{НТЕ}$ відповідає 61,5 %, тобто:

$$K_{НТЕ} = (6,15 \cdot 100) / 10 = 61,5 \%$$

В тому випадку, коли значення $K_{НТЕ}$ перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ОХОРОНА ПРАЦІ

Вивчення і виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяє створити безпечні і сприятливі умови для праці людини. Комфортні і безпечні умови праці - один з основних чинників тих факторів, що впливають на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників.

Охорона праці - це комплекс правил і заходів, призначених для забезпечення максимально безпечних умов праці, а також умов, які забезпечують мінімальний збиток при аварії або пожежі.

Охорона праці (ОП) - це система забезпечення безпеки життя і здоров'я працівників в процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи.

У свою чергу, охорона праці використовує досягнення в таких областях наукових досліджень, як "Гігієна праці", "Промислова санітарія", "Ергономіка", "Технічна естетика", "Техніка безпеки" та ін.

Завдання охорони праці: звести до мінімальної вірогідності ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Даним об'єктом є заправна станція вуглекислоти. Ця станція не є пожежонебезпечною або вибухонебезпечною. При експлуатації, ремонті і наладці генератора персонал має бути захищений від ураження електричним струмом.

10.1. Електробезпека устаткування

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Небезпека електричного струму на відміну від інших небезпек посилюється тим, що людина не в змозі без спеціальних приладів виявити напругу дистанційно, а також швидкоплинність ураження - небезпека виявляється, коли людина вже уражена. Аналіз смертельних і нещасних випадків показує, що на долю ураження електричним струмом доводиться на виробництві до 40 %, в енергетиці - до 60 %; велика частина ураження (до 80 %) відбувається на електроустановках напругою до 1000 В (110 - 380 В).

11.2. Класифікація приміщення по мірі небезпеки ураження електричним струмом

Залежно від умов, що підвищують або знижують небезпеку ураження людини електричним струмом, усі приміщення діляться на приміщення з підвищеною небезпекою, особливо небезпечні і без підвищеної небезпеки.

До приміщень з підвищеною небезпекою відносяться приміщення з підвищеною вологістю (більше 75 %) або високою температурою (вище 35 °С). За наявності струмопровідних пилу і підлог, а також за наявності можливості одночасного дотику до елементів, сполучених із землею, і металевих корпусів електроустаткування, станція відноситься до класу підвищеної небезпеки.

Приміщення з високою відносною вологістю (близькою до 100 %), хімічно активним середовищем або одночасною наявністю двох і більше умов, що відповідають приміщенням з підвищеною небезпекою, називають особливо небезпечними.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки відсутні усі вищезгадані умови.

Проте небезпека ураження електричним струмом існує усюди, де використовуються електроустановки, тому приміщення без підвищеної небезпеки не можна назвати безпечними.

До особливо небезпечних відносяться механічні, ливарні, ковальські, складальні, гальванічні, термічні цехи, компресорні і водонасосні станції,

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

приміщення для зарядки акумуляторів і т. п. По мірі небезпеки електроустановки поза приміщеннями прирівнюються до електроустановок, що експлуатуються в особливо небезпечних приміщеннях.

10.3. Розрахунок системи заземлення устаткування

Захист від ураження електричним струмом і займання можна здійснити захисним відключенням (відключають пошкоджену ділянку мережі швидкодіючим захистом), або захисним заземленням (знижують напругу доторканості і кроку), або зануленням (відключають устаткування і знижують напругу дотику і кроку на період, поки не спрацює вимикальний апарат).

За умовами безпеки заземлення повинне мати реляційно-малий опір. Тому на практиці застосовують, як правило, груповий уземлювач, тобто уземлювач, що складається з декількох паралельно включених поодиноких уземлювачів (електродів).

Розглянемо захисне заземлення і зробимо розрахунок системи штучного заземлення.

Головне призначення захисного заземлення - знизити потенціал на корпусі електроустаткування до безпечної величини.

Захисним заземленням називається умисне електричне з'єднання із землею металевих струмонепровідних частин, які можуть виявитися під напругою. Корпуси електричних машин, трансформаторів, світильників, апаратів і інші металеві струмонепровідні частини можуть виявитися під напругою при замиканні їх струмопровідних частин на корпус. Якщо корпус при цьому не має контакту із землею, дотик до нього також небезпечний, як і дотик до фази. Таким чином, безпека забезпечується шляхом заземлення корпусу уземлювачем, що має малий опір заземлення і малий коефіцієнт напруги дотику.

Опір системи заземлення в мережах до 1000 В повинен бути не більше 4 Ом ($R_m \leq 4$). Для сухого піску $\rho_{cn} = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

d - діаметр одного уземлювача, $d = 0,04 \text{ м}$;

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L - довжина одного уземлювач, $L = 2,5$ м;

L' - відстань між уземлювачами, $L' = 6,9$ м;

t_0 - глибина траншеї $t_0 = 0,5$ м;

ψ - кліматичний коефіцієнт, що враховує сезонні коливання опору ґрунту, $\psi = 1,7$.

$$t = t_0 + \frac{L}{2}$$

$$t = 0,5 + \frac{2,5}{2} = 1,75 \text{ м.}$$

Визначаємо розрахункове значення опору ґрунту:

$$\rho_{расч} = \rho_{сн} \cdot \psi$$

$$\rho_{расч} = 250 \cdot 1,7 = 425 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо опір одного вертикального електроду:

$$R_{\theta} = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right) \right];$$

$$R_{\theta} = \frac{425}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,04} + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 1,75 + 2,5}{4 \cdot 1,75 - 2,5} \right) \right] = 140,75 \text{ Ом.}$$

Визначаємо число вертикальних уземлювачів:

$$n = \frac{R_{\theta}}{R_m};$$

$$n = \frac{140,75}{4} = 35,18 \text{ шт.}$$

Округлюємо отримане число уземлювачів до найближчого стандартного значення (2, 4, 6, 10, 20, 40, 60, 100): $n = 40$ шт.

Визначаємо опір системи вертикальних уземлювачів:

$$R_c = \frac{R_{\theta}}{n \cdot \eta_{\theta}},$$

де b - коефіцієнт використання вертикального уземлювача, $b = 1$ за умови, що уземлювачі розміщені в ряд.

$$R_c = \frac{140,75}{40 \cdot 1} = 3,52 \text{ Ом.}$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо довжину горизонтального електроду:

$$L_2 = (n - 1) \cdot L ;$$

$$L_2 = (40 - 1) \cdot 6,9 = 269,1 \text{ м.}$$

Визначаємо опір горизонтального уземлювача:

$$R_2 = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot L_2 \cdot \eta_2} \cdot \ln \left(\frac{L_2^2}{t_0 \cdot d} \right)$$

η_r - коефіцієнт використання горизонтального уземлювача, $\eta_r = 1$ за умови, що уземлювач розміщені в ряд.

$$R_2 = \frac{425}{2 \cdot 3,14 \cdot 269,1 \cdot 1} \cdot \ln \left(\frac{269,1^2}{0,5 \cdot 0,04} \right) = 3,8 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір системи заземлення:

$$R_{сис} = \frac{R_c \cdot R_2}{R_c + R_2} ;$$

$$R_{сис} = \frac{3,52 \cdot 3,8}{3,52 + 3,8} = 1,83 \text{ Ом.}$$

Висновок: отримали захисне заземлення менше 4 Ом, значить, виконані розрахунки вірні.

10.4. Класифікація виробництва за мірою вибухової, вибуховопожежної і пожежної небезпеки

Відповідно до СНіП II - 2 - 80 усіх виробництв діляться по пожежній, вибуховій і вибуховопожній небезпеці на наступні категорії:

Категорія А - вибуховопоженонебезпечні; до цієї категорії належать виробництва, в яких застосовуються горючі гази з нижньою межею займання 10 % і нижче, рідини з температурою спалаху до 28 °С включно за умови, що вказані гази і рідини можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в об'ємі, що перевищує 5 % об'єму приміщення; речовини, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним; такими виробництвами є більшість фарбувальних цехів, об'єкти з наявністю скраплених газів і т.д.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Категорія Б - вибуховопожеженонебезпечні; до цієї категорії належать виробництва, в яких використовуються горючі гази, нижня межа займання яких вище 10 %, а також рідини з температурою спалаху вище 28 °С і до 61 °С включно або нагріті до температури спалаху і вище; пальний пил або волокна, нижня концентраційна межа займання яких 65 г/м³ і нижче, за умови, що вказані гази, рідини і пил можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в об'ємі, що перевищує 5 % об'єму приміщення.

Категорія В - пожеженонебезпечні; до цієї категорії належать виробництва, в яких застосовуються рідини з температурою спалаху вище 61 °С і пальний пил або волокна, нижня межа займання яких більше 65 г/м³, тверді речовини, що згорають, і матеріали, здатні тільки горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою або один з одним.

Категорія Г - до цієї категорії належать виробництва, в яких використовуються негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, а так само тверді речовини, рідини і гази, які спалюються або утилізувалися в якості палива.

Категорія Д - це виробництва, в яких обробляються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (цехи холодної обробки матеріалів і т.д.).

Категорія Е - вибухонебезпечні; до цієї категорії належать виробництва, в яких застосовуються вибухонебезпечні речовини (горючі речовини без рідкої фази і вибухонебезпечний пил) в такій кількості, при якій можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші в об'ємі, що перевищує 5 % об'єму повітря в приміщенні, і в якому за умовами технологічного процесу можливий тільки вибух (без подальшого горіння); речовини, здатні вибухати (без подальшого горіння) при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним.

Категорія виробництва по пожежній небезпеці значною мірою визначає вимоги до будівлі, його конструкцій і планування, організацію пожежної охорони і її технічну оснащеність, вимоги до режиму і експлуатації.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

11.5. Пожежна профілактика

Поняття пожежної профілактики включає комплекс заходів, необхідних для попередження виникнення пожежі або зменшення його наслідків. Під активним пожежним захистом розуміються заходи, що забезпечують успішну боротьбу з виникаючими пожежами або вибухонебезпечною ситуацією.

Заходи по пожежній профілактиці розділяються на організаційні, технічні, режимні і експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин, правильне утримання будівель, територій, протипожежний інструктаж робочих і службовців, пожежно-технічні комісії і т. д.

До технічних заходів відносяться: дотримання протипожежних правил, норм при проектуванні будівель, при облаштуванні електропроводів і устаткування, опалювання, вентиляції, освітлення.

Заходи режимного характеру - це заборона паління в не встановлених місцях, виробництва зварювальних і інших вогневих робіт в пожежонебезпечних приміщеннях і т. д.

Експлуатаційними заходами є своєчасні профілактичні огляди, ремонти, випробування технологічного устаткування.

11.6. Пожежна автоматична сигналізація

Застосування автоматичних засобів виявлення пожеж є однією з основних умов забезпечення пожежної безпеки в машинобудуванні, оскільки дозволяє оповістити черговий персонал про пожежу і місце її виникнення.

Пожежні сповіщувачі перетворюють неелектричні і фізичні величини (випромінювання теплової і світлової енергії, рух часток диму) в електричні, які у вигляді сигналу певної форми спрямовуються по дротах на приймальну станцію. За способом перетворення пожежні сповіщувачі підрозділяють на параметричні, перетворюючі неелектричні величини в електричні за

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

допомогою допоміжного джерела струму, і генераторні, в яких зміна неелектричної величини викликає появу власної ЕДС.

Залежно від того, який з параметрів газоповітряного середовища викликає спрацьовування пожежного сповіщувача, вони бувають: теплові, світлові, димові, комбіновані, ультразвукові.

По виконанню пожежні сповіщувачі ділять на нормального виконання, вибухобезпечні, іскробезпечні, герметичні; за принципом дії - максимальні і диференціальні.

Принцип дії теплових сповіщувачів полягає в зміні електропровідності тіл, контактної різниці потенціалів, феромагнітних властивостей матеріалів, зміни лінійних розмірів твердих тіл, фізичних параметрів газів і т.д. Теплові сповіщувачі максимальної дії спрацьовують при певній максимальній температурі. Недоліком цих сповіщувачів є залежність чутливості від довкілля.

Димові сповіщувачі ділять на фотоелектричні і іонізаційні.

Фотоелектричні сповіщувачі (ИДФ-1М, ДИП- 1) працюють на принципі розсіювання частками диму теплового випромінювання. Іонізаційні сповіщувачі використовують ефект послаблення іонізації повітряного міжелектродного проміжку димом.

11.7. Системи автоматичного пожежогасіння і первинні засоби пожежогасіння

До установок автоматичної водяного пожежогасіння відносять спринклерні і дренчерні установки.

Спринклерна установка є розгалуженою, заповненою водою системою труб, обладнаною спринклерними голівками. Вихідні отвори спринклерних голівок закриваються легкоплавкими замками, які при дії певної температури (замки розраховані на 345, 366, 414, 455 К) розлютовуються, і вода з системи під тиском виходить з отвору голівки і зрошує конструкції приміщення і устаткування в зоні дії спринклерної голівки.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Дренчерні установки є системою трубопроводів, на яких розташовані спеціальні голівки, - дренчери, з відкритими вихідними отворами діаметром 8, 10, 12,7 мм лопатевого або розеткового типу, розраховані на зрошування до 12 метрів площі підлоги. Дренчерна голівка з подовжніми щілинами дозволяє рівномірно окропити 210 м² площі підлоги, якщо вона розташована над підлогою на висоті 5,2 м; голівка з гвинтовими щілинами дає можливість отримати розпорошену воду дрібнішої дисперсності. Дренчери встановлюють як для гасіння пожеж, так і для створення водяних завіс, для ізоляції вогнищ вогню і відвертання його поширення.

Первинні засоби пожежогасіння знаходяться на пожежному щиті і включають:

- два вуглекислотних вогнегасники;
- щільне полотно;
- лопата;
- багор;
- ящик з піском;
- відро для піску;
- сокира.

10.8. Визначення кількості води для пожежогасіння

Розрахувати кількість $V_{\text{вз}}$ води, необхідної для дренчерної системи пожежогасіння в приміщенні площею $S = 30 \text{ м}^2$ і заввишки $h = 4,5 \text{ м}$.

1. Враховуючи площу і висоту приміщення, прийmemo до установки один димовий сповіщувач.

2. Число розеток пожежогасіння

$$n = \frac{S_{\text{помещения}}}{S_{\text{дренчера}}};$$

$$n = \frac{30}{12} = 2,5 \text{ шт};$$

Округлимо n до найближчого цілого: $n = 3 \text{ шт}$.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

3. Визначимо витрату води на гасіння:

$$G = n \cdot 30 \cdot 3,6;$$

$$G = 3 \cdot 30 \cdot 3,6 = 324 \text{ л/з.}$$

4. Об'єм недоторканного запасу води:

$$V_{\text{нз}} = \frac{k \cdot n \cdot G \cdot \tau}{1000} \cdot 3600,$$

де

k - коефіцієнт запасу, $k = 1,1 \div 1,2$;

n - число одночасних пожеж;

τ - час пожежогасіння, який дорівнює 0,5 години (30 хв).

$$V_{\text{нз}} = \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 324 \cdot 0,5}{1000} \cdot 3600 = 641,52 \text{ м}^3$$

Висновок: для гасіння пожежі в заданому приміщенні потрібний запас води $V_{\text{нз}} = 641,52 \text{ м}^3$.

10.9. Виробнича санітарія

Санітарний благоустрій підприємств і належне їх утримання є найважливішими заходами у боротьбі з виробничими шкідливостями. Вони передбачають також захист населення від газів, пилу, надмірної теплоти і вологи, кіптяви, шуму і шкідливої дії стічних вод.

Санітарно-захисною зоною вважається територія між виробничими приміщеннями, складами або установками, що виділяють виробничі шкідливості, і житловими, лікувально-профілактичними стаціонарного типу і культурно-побутового призначення, будівлями житлового району. Для підприємств, що не мають виробничих шкідливостей, захисну зону не встановлюють. Території санітарно-захисної зони мають бути упорядковані і озеленені.

10.10. Вентиляція як засіб створення оптимального мікроклімату

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. Вентиляція досягається видаленням забрудненого або нагрітого повітря з приміщення і поданням в нього свіжого повітря.

За способом переміщення повітря розрізняють системи природної, механічної і змішаної вентиляції.

Природна вентиляція забезпечує повітрообмін в приміщеннях, обумовлений різницею щільності зовнішнього і внутрішнього повітря і вітровим тиском. При природній організованій вентиляції (аерації) повітрообмін відбувається через отвори конструкцій захисних будівель. Для видалення повітря використовуються також дефлектори, за прикладом яких в результаті дії вітру створюється розрідження. Аерацію застосовують для боротьби зі значними тепловиділеннями.

Механічну вентиляцію застосовують, коли необхідні параметри мікроклімату і чистоти повітря в приміщеннях не можуть бути забезпечені природною вентиляцією. При цьому повітря переміщається за допомогою вентиляторів.

За характером дії механічну вентиляцію підрозділяють на припливну, витяжну і припливно-витяжну, за місцем дії - на загальнообмінну і місцеву.

Припливну вентиляцію передбачають при необхідності повної заміни повітря в приміщенні чистим зовнішнім повітрям, а також при необхідності виключити попадання забрудненого повітря з інших приміщень.

Витяжна вентиляція призначена для видалення з приміщень забрудненого повітря, надмірних тепловиділень і вологовиділень, при цьому в приміщенні створюється знижений тиск. Приміщення, в яких можливе раптове виділення великої кількості шкідливих або вибухонебезпечних газів або пари, треба обладнати аварійною витяжною вентиляцією.

Припливно-витяжна вентиляція одночасно здійснює і подання свіжого повітря, і видалення забрудненого.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Загальнообмінну вентиляцію застосовують при одночасному розподілі шкідливих речовин і розміщенні робочих місць по усьому приміщенню.

Місцева припливна вентиляція подає повітря на строго певні місця робочої зони. До систем такої вентиляції відноситься повітряні душі і завіси. Місцева витяжна вентиляція видаляє шкідливі речовини, надмірну теплоту (і вологу) безпосередньо з місця їх виділення. Вентиляцію здійснюють за допомогою спеціальних пристроїв: кожухів і камер, що герметично укривають устаткування витяжних шаф і парасольок, відсмоктувальних панелей, бортових відсмоктувань.

Для ефективної роботи системи вентиляції важливо, щоб ще на стадії проектування були виконані наступні технічні і санітарно-гігієнічні вимоги:

1. кількість припливного повітря повинна відповідати кількості того, що видаляється, різниця між ними має бути мінімальною;
2. припливні і витяжні системи в приміщенні мають бути правильно розміщені, тобто свіже повітря необхідно подавати в ті частини приміщення, де кількість виділень мінімальна (чи взагалі їх немає), а видаляти, де виділення максимальні;
3. система вентиляції не повинна викликати переохолодження або перегрівання працюючих;
4. система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях, що перевищує гранично допустимі рівні;
5. система вентиляції має бути електробезпечна, пожежобезпечна, вибухобезпечна, проста по пристрою, надійна в експлуатації і ефективна.

10.11. Розрахунок вентиляції

На проєктованій станції використовується загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція.

Розрахунок необхідної кількості повітря.

Площа приміщення $S = 30 \text{ м}^2$.

Об'єм приміщення $V_{ном} = 135 \text{ м}^3$.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Кількість комп'ютерів в приміщенні - 1, кількість людей - 3, принтер - 1, кількість сканерів - 1, кількість установок - 1. Тепловиділення людини приймаємо $q_{ч} = 170$ Вт; кількість тепла, що виділяється комп'ютером, дорівнює $q_{ком} = 300$ Вт; кількість теплоти, що виділяється принтером $q_{пр} = 120$ Вт; кількість теплоти, що виділяється сканером, дорівнює $q_{ск} = 75$ Вт; кількість тепла виділяється установкою $Q_{уст} = 1345$ Вт.

$$\Sigma Q = Q_{ч} + Q_{ком} + Q_{пр} + Q_{ск} + Q_{уст} + Q_{стен} + Q_{осв}$$

де

ΣQ - загальна кількість тепла, що поступає в приміщення;

$Q_{ч}$ - тепло від людей;

$Q_{ком}$ - тепло від комп'ютера;

$Q_{пр}$ - тепло від принтера;

$Q_{ск}$ - тепло від сканера;

$Q_{уст}$ - тепло від установки;

$Q_{стен}$ - тепло від стін;

$Q_{осв}$ - тепло від освітлення.

$$Q_{ч} = n_{ч} \cdot q_{ч}$$

$$Q_{ч} = 3 \cdot 170 = 510 \text{ Вт};$$

$$Q_{ком} = n_{ком} \cdot q_{ком}$$

$$Q_{ком} = 300 \text{ Вт};$$

$$Q_{пр} = n_{пр} \cdot q_{пр}$$

$$Q_{пр} = 120 \text{ Вт};$$

$$Q_{ск} = n_{ск} \cdot q_{ск}$$

$$Q_{ск} = 75 \text{ Вт};$$

$$Q_{стен} = V_{ном} \cdot 30$$

$$Q_{стен} = 135 \cdot 30 = 4050 \text{ Вт};$$

$$Q_{осв} = 10 \cdot S$$

$$Q_{осв} = 10 \cdot 30 = 300 \text{ Вт}.$$

$$\Sigma Q = 510 + 300 + 120 + 75 + 1345 + 4050 + 300 = 6700 \text{ Вт}.$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата повітря при надходженні надлишкового тепла визначається по формулі:

$$L = \frac{\sum Q}{C \cdot \rho \cdot (t_{yd} - t_{pr})},$$

де

C - теплоємність повітря (в розрахунках приймаємо $1,006 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{C}}$);

ρ - щільність повітря ($\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$);

L - продуктивність вентиляції [$\text{м}^3/\text{година}$];

t_{ud} - температура повітря, яке видаляється, $t_{ud} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$;

t_{pr} - температура припливного повітря, $t_{pr} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$L = \frac{6,7}{1,006 \cdot 1,2 \cdot (24 - 20)} = 1,11 \text{ м}^3/\text{с} = 3996 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо потужність електроприводів вентилятора:

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta P \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_b \cdot \eta_n}$$

де

k - коефіцієнт запасу, $k = 1,2$;

ΔP - аеродинамічний опір вентилятора, $\Delta P = 300 \text{ Па}$;

η_b - ККД вентилятора, $\eta_b = 0,8$;

η_n - ККД приводу, $\eta_n = 0,95$.

$$N = \frac{1,2 \cdot 3996 \cdot 300 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,8 \cdot 0,95} = 0,5 \text{ Вт.}$$

Висновок: для нормальної вентиляції станції продуктивність системи вентиляції має дорівнювати $1,11 \text{ м}^3/\text{год}$ з осьовим вентилятором потужністю $0,4 \text{ Вт}$.

10.12 Освітлення виробничих приміщень

При освітленні виробничих приміщень використовують природне, штучне і поєднане освітлення. Штучне освітлення здійснюється електричними

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

лампами. Поєднане освітлення, застосовується у світлий час доби при недостатньому природному освітленні. І є природне плюс штучне освітлення.

Основне завдання освітлення на виробництві - створення найкращих умов для бачення. Це завдання можливо вирішити тільки освітлювальною системою, що відповідає наступним вимогам:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи;
- необхідно забезпечити досить рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні, а також в межах навколишнього простору;
- на робочій поверхні мають бути відсутніми різкі тіні;
- у полі зору має бути відсутніми пряма і відбита блискість;
- величина освітленості має бути постійною в часі;
- необхідно вибирати оптимальну спрямованість світлового потоку;
- слід вибирати необхідний спектральний склад світла;
- усі елементи освітлювальних установок - світильники, групові щитки, знижувальні трансформатори, освітлювальні мережі - мають бути досить довговічними, електробезпечними, а також не мають бути причиною виникнення пожежі або вибуху.

При роботі за дисплеєм освітленість визначається мінімальним об'єктом розрізнення - шириною лінії рукописного або друкарського тексту. Для цього виду роботи нормована освітленість складає 300 люкс.

Ретельний і регулярний відхід за установками природного і штучного освітлення має важливе значення для створення раціональних умов освітлення, зокрема, забезпечення необхідних величин освітленості без додаткових витрат електроенергії.

В установках з люмінесцентними лампами і лампами ДРЛ необхідно стежити за справністю схем включення (не повинно бути видимих оку мигань ламп), а також пускорегулювальних апаратів.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

10.13 Розрахунок системи освітлення

Розрахувати систему освітлення для станції $a \times b \times c = 6 \times 5 \times 4,5$ м.

Тип джерела світла - люмінесцентна лампа, система освітлення - загальна, світильник типу ПВЛП.

Забезпечення рівномірного розподілу джерела досягається у тому випадку, якщо відношення відстані між центрами світильників до висоти їх підвісу над робочою поверхнею складає певне число для характерного типу світильників ($\frac{L}{H_p} = 1.5$).

Висота робочої поверхні $h_n = 0,06$ м.

Висота світильника над робочою поверхнею:

$$H_p = 2,8 - 0,06 - 0,8 = 1,94 \text{ м}$$

L - відстань між центрами світильників,

$$L = 1,5 \cdot 1,94 = 2,91 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість світильників :

$$N = \frac{a \cdot b}{L^2}$$

$$N = \frac{5 \cdot 6}{2,91^2} = 3,54 \text{ шт.}$$

Приймаємо 4 світильники.

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{H_p \cdot (a + b)},$$

$$i = \frac{5 \cdot 6}{1,94 \cdot (6 + 5)} = 1,41.$$

Визначуваний коефіцієнт використання світлового при $P_n = 50$ %, $P_c = 30$ %, $\eta = 34,56$ %.

Визначуваний світловий потік однієї лампи:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot k \cdot 100}{N \cdot \eta},$$

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де

Φ - світловий потік ламп;

E_n - нормована мінімальна освітленість, $E_n = 200$ лк;

S - освітлювана площа, $S = a \cdot b = 6 \cdot 5 = 30 \text{ м}^2$;

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,1$;

k - коефіцієнт запасу, $k = 1,5$.

$$\Phi = \frac{200 \cdot 30 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 100}{4 \cdot 34,56} = 7161,46 \text{ лм.}$$

Приймаємо установки ПВЛП лампи ЛД40 у кількості 3 штук зі світловим потоком $\Phi = 2340$ лм.

У практиці допускається відхилення потоку вибраної лампи від розрахункового до $-10 + 20$ %, інакше вибирають іншу схему розташування мережі.

$$\Delta = \frac{7161,46 - 3 \cdot 2340}{7161,46} \cdot 100 = 1,97 \text{ \%}.$$

Визначаємо потужність усієї освітлювальної системи :

$$P = N \cdot n \cdot P_1,$$

де

N - кількість світильників;

n - кількість ламп у світильнику;

P_1 - потужність цієї лампи.

$$P = 4 \cdot 3 \cdot 40 = 480 \text{ Вт.}$$

Висновок. При виборі освітлювальних приладів використовуються світильники ЛПО, оснащені 3 лампами ЛД40. Світильників 4 штук.

10.14 Висновки

Створені умови забезпечать комфортну роботу. Проведений вибір системи і розрахунок оптимального освітлення, розрахунок вентиляції, розрахована система заземлення устаткування, проведений огляд заходів по пожежній профілактиці, розглянуті основні заходи виробничої санітарії.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Дотримання умов, визначуваних оптимальну організацію робочого місця працівника, дозволить зберегти хорошу працездатність впродовж усього робочого дня, підвищить як в кількісному, так і в якісному відношеннях продуктивність праці, що у свою чергу сприятиме якнайшвидшій розробці і подальшому впровадженню нової технології виробництва.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

11. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Підвищення стійкості місткостей зберігання продуктів розділення повітря, трубопроводів, машин і установок до дії ударної хвилі ядерного вибуху / сейсмічної хвилі землетрусу.

Ударна хвиля - це область різкого стискування середовища, яке у вигляді сферичного шару поширюється на всі боки від місця вибуху з надзвуковою швидкістю.

Залежно від середовища поширення розрізняють ударну хвилю в повітрі, у воді або ґрунті.

Ударна хвиля в повітрі утворюється за рахунок величезної енергії, що виділяється в зоні вибуху, де висока температура і великий тиск. Наприклад, при ядерному вибуху тиск в зоні реакції досягає мільярдів атмосфер.

Розжарені пари і гази, прагнучи розширитися, роблять різкий удар по навколишніх шарах повітря, стискають їх до великих тисків і щільності і нагрівають до дуже високої температури. Ці шари приводять в рух подальші шари повітря. Таким чином, стискування і переміщення повітря походить від одного шару до іншого на всі боки від центру вибуху, утворюючи повітряну ударну хвилю. Основним носієм дії вибуху є повітряна ударна хвиля, швидкість поширення якої поблизу центру вибуху у декілька разів перевищує швидкість звуку в повітрі і зменшується у міру видалення від місця вибуху до швидкості звуку - 340 м/с.

Наприклад, при ядерному вибуху середньої потужності повітряна ударна хвиля проходить 5000 м за 12 секунд. Тому людина, побачивши спалах ядерного вибуху до приходу ударної хвилі може, сховатися (у складці місцевості, канаві та ін.).

Передня межа ударної хвилі називається фронтом ударної хвилі. Після проходження ударною хвилею цієї точки простору тиск в цій точці знижується до атмосферного. Фронт ударної хвилі рухається вперед. Шар стислого повітря, що утворився, називається фазою стискування.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З віддаленням від центру вибуху тиск у фронті ударної хвилі зменшується, а товщина шару стискування із-за залучення нових мас повітря зростає, в той же час тиск знижуючись, стає нижче атмосферного і повітря починає рух до центру вибуху. Ця зона зниженого тиску називається фазою розрідження.

Руйнівна дія більша у фазі стискування.

З фронтом ударної хвилі в області стискування рухаються маси повітря, які при зустрічі з перешкодою гальмуються і при цьому вміть зростають до максимуму: швидкісний натиск повітряної ударної хвилі і надлишковий тиск у фронті ударної хвилі.

Надлишковий тиск вимірюється в Паскалях (Па) або в кг·сила на квадратний сантиметр: $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ (Ньютон на метр квадратний) $= 0,102 \text{ кгс/м}^2 = 1,02 \cdot 10^{-5} \text{ кгс/см}^2$; $1 \text{ кгс/см}^2 = 98,1 \text{ кПа}$ або 1 кгс/см^2 приблизно дорівнює 100 кПа.

Таким чином, основні параметри ударної хвилі, що характеризують її руйнівну і вражаючу дію: надлишковий тиск у фронті ударної хвилі, тиск швидкісного натиску, тривалість дії хвилі, тривалість фази стискування і швидкість фронту ударної хвилі. Величина цих параметрів в основному залежить від потужності, виду вибуху і відстані.

При наземному вибуху енергія вибуху розподіляється в півсфері, і ударна хвиля переміщається уздовж поверхні землі, при цьому на поверхні землі діє такий тиск, до якого було стиснуте повітря у відповідній частині повітряної ударної хвилі.

При повітряному вибуху ударна хвиля, що падає, викликає при зустрічі з поверхнею землі відбиту ударну хвилю.

Розглянемо терміни.

Епіцентр повітряного вибуху - точка на поверхні землі під центром вибуху.

Зона регулярного відображення - зона з відстанню від епіцентру, що не перевищує висоти вибуху.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зона нерегулярного відображення - зона з відстанню від епіцентру більше за висоту вибуху.

У зоні регулярного відображення на предмет, розташований на деякій відстані від землі, впливає тиск хвилі, що падає, а через деякий час - тиск відбитої хвилі. У зоні нерегулярного відображення хвиля, що падає, випереджає відбиту, остання поширюючись в нагрітому повітрі і стиснутому хвилею, що падає, рухається швидше хвилі, що падає. В результаті відбувається злиття цих хвиль і утворюється загальний фронт головної ударної хвилі, перпендикулярної поверхні землі, висота якого у міру видалення від центру вибуху збільшується.

Предмети, що знаходяться в зоні дії головної ударної хвилі випробовують її дію, а розташовані вище (верх висотних будинків) - два удари - від упадної і відбитої хвиль.

Тиск у фронті головної ударної хвилі значно вищий, ніж у фронті упадної хвилі і залежить не лише від потужності вибуху і відстані від епіцентру, але і від висоти ядерного вибуху.

Оптимальною висотою вибуху вважається така, при якій спостерігається найбільша площа руйнування. Наприклад, для вибуху потужністю в 1 мегатонну ця висота дорівнює 2100 м, при цьому на будівлі тиск дорівнює 20-30 кПа (0,2-0,3 кг/см²).

При наземному вибуху, радіус ураження на порівняно великих відстанях більший, ніж радіус ураження повітряної ударної хвилі, а на більш віддалених - менше, оскільки позначається вплив спільної дії упадної і відбитої хвиль - головної ударної хвилі.

Тиск (надлишковий) у фронті ударної хвилі можна визначити розрахунком.

Ударна хвиля у воді при підводному ядерному вибуху якісно нагадує ударну хвилю в повітрі, але тиск у фронті ударної хвилі у воді більший, а час дії менший. Наприклад, тиск на відстані 900 м від центру ядерного вибуху

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

потужністю 100 кт у воді складає 19000 кПа, а при вибуху в повітрі - близько 100 кПа.

При наземному вибуху частина енергії вибуху витрачається на утворення стискування в ґрунті.

При вибуху в ґрунті відбувається потужний струс ґрунту землетрус.

Розрізняють наступні міри руйнувань:

- слабе руйнування (руйнуються віконні і дверні отвори, ушкодження верхніх частин колодязів, газо-, водо- і тепломереж, розриви ЛЕП)
- середнє руйнування (руйнування дахів, тріщини в стінах, розриви і деформації трубопроводів, деформації опор ЛЕП);
- сильне руйнування (руйнуються несні конструкції, перекриття, масові розриви трубопроводів, руйнування опор ЛЕП);
- повне руйнування (руйнуються основні елементи будівель, наземні конструкції).

Найбільш стійкі підземні енергетичні мережі, які руйнуються тільки при наземних вибухах поблизу від центру.

Повітряні лінії зв'язку і електропроводок сильно руйнуються при 80-120 кПа. Верстатне устаткування руйнується при 35-70 кПа.

Транспортні засоби руйнуються більшою мірою, якщо вони розташовані бортом до напрямку дії ударної хвилі.

Найбільш стійкі до дії ударної хвилі морські і річкові судна і залізничний транспорт.

Лісові масиви також ушкоджуються при вибухах: при тиску більше 50 кПа дерева вириваються з коренем і відкидаються, утворюючи завали, при 30-50 кПа ушкоджуються близько 50 % дерев; а при 10-30 кПа - 30 %. Молоді дерева стійкіші до дії ударної хвилі.

Під стійкістю роботи об'єктів розуміють здатність протистояти руйнівній дії вражаючих чинників НС, робити продукцію в запланованому об'ємі, забезпечувати безпеку життєдіяльності працюючих, а також здатність до відновлення у разі ушкодження.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До чинників, що впливають на стійкість роботи об'єктів відносяться: район розташування об'єкту, планування і забудова території об'єкту, системи електропостачання, технологія, виробничі зв'язки об'єкту, система управління, підготовленість об'єкту до відновлення.

При аналізі району розташування об'єкту враховується знаходження на цій території інших об'єктів, які можуть служити джерелом виникнення вторинних чинників ураження (гідровузли, хімзаводи), природні умови місцевості (ліс - джерело пожеж, дороги, річки), метеорологічні умови (кількість опадів, напрям вітру).

При розгляданні будівель і споруджень території враховуються поверховість, основні конструкції, вогнестійкість і інші характеристики, що впливають на стійкість і уразливість до дії світлових випромінювань, ударної хвилі; відзначаються споруди, які не можуть брати участь у виробництві основної продукції.

При оцінці внутрішнього планування території об'єкту враховуються щільність і тип забудови на можливість виникнення і поширення пожеж, утворення завалів входів в притулках, ЗЖ, з отруйними речовинами, склади ВВ, аміачні установки.

При вивченні технології на об'єктах враховується можливість зміни у виробничому процесі на час НС (часткове виробництво, випуск нової продукції), можливість електропостачання від внутрішніх джерел, виявляється мінімальна потреба в енергії, газі, воді, пари та інших видів енергопостачання в період НС. Особлива увага звертається на газопостачання, оскільки газ може створювати загрозу населенню і виробництву, перевіряється можливість відключення подання газу на об'єкт і окремі ділянки.

При аналізі системи управління враховують можливість зв'язку, надійності її; можливості взаємозамінності керівного складу, надійність системи сповіщення. Враховують системи матеріально-технічного постачання в період НС, оцінюються запаси сировини, деталей і можливості їх поповнення. Вивчається можливість відновлення виробництва після ураження

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

об'єкту, передбачаються заходи по швидкому відновленню: можливості будівельно-монтажних організацій, запасів будівельних матеріалів, наявність проектної документації для проведення відновних робіт. Підвищення стійкості об'єкту досягається посиленням найбільш слабких (уразливих) елементів і ділянок об'єктів.

Основні заходи по підвищенню стійкості:

- захист робітників і населення;
- посилення міцності будівель, споруд, що мають важливе значення, але що мають маломіцні елементи (закріплення відтяжками, облаштування бетонних і металевих поясів, що підвищують жорсткість конструкції);
- підвищення стійкості устаткування найбільш цінного і унікального, еталонних контрольно-вимірювальних приладів, це устаткування розміщується в полегшених важкоспалимих будівлях (менше ушкоджуються при руйнуванні будівлі) або розміщуються в заглибленнях, підземних або спеціально побудованих приміщеннях підвищеної міцності, влаштовуються захисні шатри, кожухи, парасольки, козирки, сітки над устаткуванням;
- підвищення стійкості технологічного процесу за рахунок резервування систем автоматики, забезпечення можливості ручного управління, скорочення числа використовуваних верстатів, ліній; розміщення виробництва окремих видів продукції у філіях, паралельних цехах, заміни складної технології більш простою; розробку способів безаварійної зупинки виробництва по сигналу тривоги;
- підвищення стійкості систем енергопостачання за рахунок: створення дублюючих джерел електроенергії, газу, води, пари (прокладення додаткових комунікацій, закільцювання їх), вжиття заходів проти руйнування (посилення опор, заглиблення, посилення перекриттів), введення пересувних електростанцій, насосних установок з автономним приводом; пристосування ТЕЦ до різних видів палива;
- підвищення стійкості водопостачання: живлення від декількох вододжерел, свердловин, розташованих на досить великій відстані один від

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

одного, впровадження оборотного водопостачання, захисту води від зараження (додаткове очищення, захист водозаборів);

- підвищення стійкості систем теплопостачання (заглиблення комунікацій, закільцювання);

- стійкість управління виробництвом: створення груп управління (по числу змін) для керівництва виробництвом, рятувальних і аварійно-відновними роботами, облаштування пункту управління в одному з притулків, дублювання зв'язку;

- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання об'єкту: створення запасів сировини, матеріалів, устаткування, палива, забезпечення збереження їх;

- проведення протипожежних заходів: зведення до мінімуму можливості виникнення пожеж від світлового випромінювання, від займань, викликаних дією ударної хвилі, захисту від світлового випромінювання підлягають покрівлі, що згорають, дерев'яні стіни і елементи (забарвлення вогнезахисною фарбою, покриття вапняною сумішшю, обмазка глиною, зафарбовування стекол вікон), розбирання малоцінних об'єктів, що згорають, конструкцій, очищення території від матеріалів, що згорають, спорудження протипожежних водойм, протипожежних перешкод (брандмауерів).

Висновок: при дотриманні методів стійкості вказаних вище, установка надійно працюватиме.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Список літератури

1. Подмазко, Олександр Степанович Діагностика та аналіз роботи холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 61 с.
2. Подмазко, Олександр Степанович Автоматизація систем нетрадиційної енергетики. Прибори автоматики, електронні контролери та схеми автоматизації [Електронний ресурс] : метод. вказівки / О. С. Подмазко ; Каф. екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології. — Одеса : ОНТУ, 2022. — 34 с.
3. Подмазко, Олександр Степанович Конспект лекцій по холодильним установкам [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 59 с.
4. Подмазко, Олександр Степанович Монтаж та ремонт холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2022. — 52 с.
5. Подмазко, Олександр Степанович Холодильні установки спеціального призначення : конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 99 с.
6. Подмазко, Олександр Степанович Штучний холод в енергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Одес. нац. технол. ун-т. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 184 с.
7. Подмазко, О. С. Монтаж і ремонт холодильних установок. Несправності в роботі холодильної установки : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ,
2023. — 35 с. —

8. ГОСТ 14249-89 «Посудин і апарати. Норми і методи розрахунку на міцність».

9. Правила пристрою і безпечної експлуатації посудин, працюючих під тиском, затверджені Держкомітетом України по нагляду за охороною праці».

10. ГОСТ 24755-89 «Посудин і апарати. Норми і методи розрахунку на міцність зміцнення отворів».

11. РТМ 26-303-78 «Резервуарів ізотермічних для скрапленого вуглекислого газу. Норми і методи розрахунку».

12. ГОСТ 5520-79 «Сталь листова вуглецева низьколегована і легована для котлів і посудин, працюючих під тиском».

13. ТУ 14-1-50-65-91 «Сталь товстолистова низьколегована марок 09Г2СЮ4 і 09Г2С. Загальні технічні вимоги».

14. РТМ 26-04-43-87 «Стали сплави для криогенної техніки».

15. Методичні вказівки до оцінки науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій. Для студентів всіх спеціальностей СВО «бакалавр» і «магістр» денної і заочної форм навчання.

Укладачі Басюркіна Н.Й., Свистун Т.В. Одеса: ОНАТУ, 2022 р. 18 с.

					КРБ.ХУ і КП.1.15-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83