

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг
обладнання хімічних виробництв"

Тема роботи: Виробництво хлориду натрію. Розробити
барабанну сушарку

Виконала:
студентка групи ХМдн – 84п
Самойленко Оксана Миколаївна

підпис

Залікова книжка
№ 20320118

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, ст. викладач

Острога Руслан Олексійович

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв"

Курс 4 Група ХМдн – 84п Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студентці Самойленко Оксані Миколаївні

1 Тема проекту: Виробництво хлориду натрію. Розробити барабанну сушарку

2 Вихідні дані: Розробити барабанну сушарку для сушіння кристалів хлориду натрію продуктивністю 6000 кг/год. за вологим матеріалом. Вологість матеріалу (% на заг. мас.): початкова – 6,2; кінцева – 1,2. Температура матеріалу (°C): початкова – 20; кінцева – 60. Теплоносій – повітря з початковою температурою 150°C. Розмір частинок матеріалу (мм): максимальний – 2,5; мінімальний – 0,5. Теплові втрати прийняти на рівні 10 %.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- | | |
|--|------------|
| 1. Технологічна схема виробництва хлориду натрію | – 1,0 арк. |
| 2. Складальне креслення сушарки барабанної | – 1,0 арк. |
| 3. Складальні креслення вузлів | – 1,0 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р.О. Острога, М.С. Скиданенко, Я.Е. Михайловський, А.В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Криворот А.С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности : учебное пособие для техникумов. Москва : Машиностроение, 1976. – 376 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

жовтень 2021 р.

Керівник

підпис

к.т.н., ст. викл. Острога Р.О.

Зміст

	С.
Вступ	5
1 Технологічна частина	7
1.1 Опис технологічної схеми виробництва хлориду натрію	7
1.2 Теоретичні основи процесу сушіння в барабанних апаратах	8
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	13
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	20
2.1 Технологічні розрахунки	20
2.2 Конструктивні розрахунки	22
2.3 Гідравлічний опір апарата	24
2.4 Вибір допоміжного обладнання	25
3 Розрахунки сушарки на міцність та герметичність	28
4 Монтаж та ремонт апарата	35
4.1 Монтаж апарата	35
4.2 Ремонт апарата	37
5 Охорона праці	40
Список літератури	45
Додаток А – Схема процесу сушіння на діаграмі Рамзина	
Додаток Б – Специфікації до графічної частини	

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Самойленко</i>			<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Острога</i>				4	46
<i>Рецензії.</i>					<i>Барабанна сушарка</i> <i>Пояснювальна записка</i> СумДУ, ХМдн – 84п		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затвердив.</i>		<i>Склабінський</i>					

Вступ

Хлорид натрію (хлористий натрій, хімічна формула NaCl) – натрієва сіль соляної кислоти. Відомий у побуті під назвою «кухонна сіль». Хлорид натрію у значній кількості міститься в морській воді. Зустрічається у природі у вигляді мінералу галіту (кам'яної солі). Чистий хлорид натрію є безбарвними кристалами, але з різними домішками його колір може приймати блакитний, фіолетовий, рожевий, жовтий або сірий відтінок [1].

У харчовій промисловості та кулінарії використовують хлорид натрію, чистота якого має бути не менше 97 %. Його застосовують як смакову добавку та для консервування харчових продуктів. Такий хлорид натрію має товарну назву кухонна сіль, часом також вживаються назви харчова, їдальня, а також уточнення назви залежно від її походження – кам'яна, морська, та за складом добавок – йодована, фторована тощо. Така сіль є кристалічним сипучим продуктом із солоним смаком без присмаку, без запаху (за винятком йодованої солі), у якому не допускаються сторонні домішки, що не пов'язані з методом добування солі. Окрім хлориду натрію, кухонна сіль містить невелику кількість солей кальцію, магнію, калію, які надають їй гігроскопічність та жорсткість. Чим менше цих домішок у солі, тим вища її якість [1].

Виділяють сорти: екстра, вищий, перший та другий. Масова частка хлористого натрію у сортах, %: екстра – не менше 99,5; вищий – 98,2; перший – 97,5; другий – 97,0 [2].

Кухонну сіль в Україні отримують із насичених розчинів хлориду натрію (розсолів) шляхом випаровування води. Отримання насичених розчинів здійснюється штучним підземним вилуговуванням (розчиненням) соляних покладів. Це спеціальний гірничотехнічний спосіб розробки родовищ солі, розташованих, як правило, на глибинах понад 600 м [2].

Під сушінням розуміють сукупність термічних і масообмінних процесів у поверхні (зовнішня задача) і всередині (внутрішня задача) вологого матеріалу, що сприяють його зневодненню. Зневоднення матеріалів, у тому числі і сушіння, призначається для поліпшення їх якості і довговічності. Тому в ряді випадків су-

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

шіння супроводжується структурно-механічними, хімічними, біохімічними, реологічними змінами. Швидкість протікання цих процесів і ступінь їх завершеності залежить не тільки від способу підведення теплоти до матеріалу, а й від режиму сушіння [2].

У даній кваліфікаційній роботі запроєктована барабанна сушарка, призначенням якої є сушіння кристалів хлориду натрію. Загалом кваліфікаційну роботу бакалавра виконано у відповідності до методичних вказівок [3] із представленням усіх регламентованих розділів.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва хлориду натрію

Технологічна схема виробництва хлориду натрію представлена на рис. 1.1.

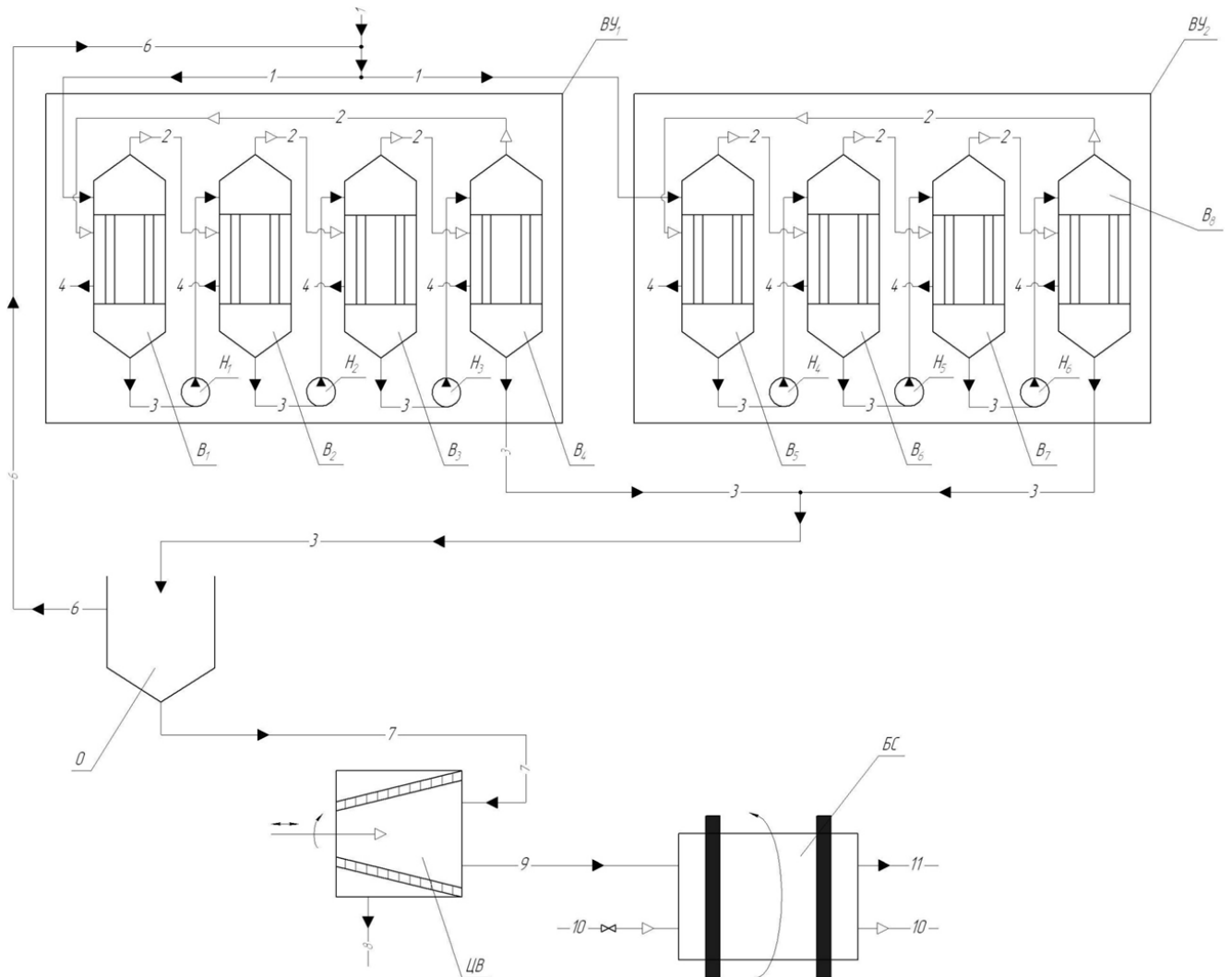


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва хлориду натрію

Принцип її роботи полягає у наступному. Очищений розчин надходить на випарні установки, які містять дві чотирікорпусні системи. По мірі випаровування води в апаратах відбувається кристалізація солі. Кристали кухонної солі разом із маточним розсолом (солепульпою) з випарних апаратів надходять у відстійники, де відбувається як згущення, так і освітлення розсолу. Освітлений розсіл повертається на випарювання, а сіль потрапляє на зневоднення, яке відбувається у центрифугах. Далі сіль із вологістю 6,2 % за масою спрямовується на сушіння.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ХІ.С.00.00.00 ПЗ

Лист

7

Сушіння солі – це заключна технологічна операція по отриманню готового продукту – харчової кухонної солі екстра. Видалення вологи шляхом випаровування відбувається в барабанних сушарках, через які пропускають потік гарячого повітря з високою температурою. Сушіння закінчується, коли вологість продукту становить не більше 1,2 % за масою. Таким чином, отримувана за даною технологією сіль може використовуватися для харчових цілей.

1.2 Теоретичні основи процесу сушіння в барабанних апаратах

Теоретичні основи процесу сушіння в барабанних апаратах, які наведено у даному підрозділі, отримані на підставі аналізу літературних джерел [1, 4, 5].

Апарати, виконані у вигляді горизонтальних барабанів, що обертаються, дуже поширені у промисловості і застосовуються як для проведення процесів, що не супроводжуються хімічними змінами речовин, наприклад, сушіння, так і для проведення реакцій, наприклад, кальцинування соди.

Час перебування матеріалу в гладкому порожньому барабані залежить від його довжини, діаметра і кута нахилу до горизонту, числа обертів, кута природного укосу матеріалу та динамічного напору газу, що протікає.

Час контакту твердого матеріалу із газом становить лише частину повного часу перебування матеріалу в барабані. Іншу частину часу шматки залишаються під шаром іншого матеріалу і тому в процесі практично не беруть участь.

На підставі експериментальної перевірки та обробки дослідних даних **для гладких барабанів без насадок** запропоновано наступну формулу для визначення часу перебування матеріалу в барабані:

$$\tau = \frac{0,308L \cdot (\varphi + 24)}{Dni}, \text{ хв.} \quad (1.1)$$

Формула дана для барабана довжиною L , діаметром D , коефіцієнтом заповнення барабана $\beta=0,1\dots0,15$, і нахилу барабана, що змінювався під час дослідів від 1° до 6° . Нахил барабана до горизонту i виражений у цій формулі у відсотках. φ позначає кут природного укосу матеріалу.

Нарешті, для дрібних, пилячих матеріалів використовують перевальну насадку, що складається з ізолюваних один від одного осередків малого перерізу, в яких перевалювання матеріалу відбувається з малої висоти (рис. 1.2е).

Нерідко на перших 1–1,5 м барабана встановлюють гвинтову насадку для подачі матеріалу в барабан і кращого його розподілу по поперечному перерізу.

Максимальний діаметр барабанів можна приймати: що перевозяться залізницею до 3,2 м, що збираються на місці до 5 м. Довжину обертових барабанів загального призначення, що встановлюються на двох опорах, можна приймати до 32–35 м. Відношення довжини до діаметру для апаратів загального призначення береться рівним від 4 до 8, а число обертів береться в межах від 2 до 8 об/хв.

Число обертів можна орієнтовно приймати за формулою

$$n \approx \frac{4}{\sqrt{D}} \div \frac{8}{\sqrt{D}}, \text{ об / хв.} \quad (1.3)$$

де D – діаметр барабана, м.

Кільцева швидкість барабанів зазвичай не перевищує 1 м/с. Кут нахилу до горизонту залежить від його довжини. Для довгих барабанів цей кут дорівнює 2,5–3°, для коротких – до 6°. Коефіцієнт заповнення становить від 0,1 до 0,25.

Наведені цифри не є обов'язковими для керівництва. Вони просто характеризують стан сучасної техніки в цій галузі машинобудування та наведені як порівняльні вихідні дані, що полегшують підхід до проектування. Від цих даних можливі великі відступи, якщо вони викликані необхідністю та підтверджені розрахунком.

Визначення величини сили, що діє на ролик. Якщо G – сила тяжіння, яка приходить на бандаж, а кут між роликами – 2φ , то реакція опори дорівнюватиме (рис. 1.3)

$$T = \frac{G}{2 \cdot \cos \varphi}, \text{ Н} \quad (1.4)$$

Сила, що зсуває ролик по горизонталі:

$$S = T \cdot \sin \varphi = \frac{G}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ Н} \quad (1.5)$$

										Лист
										11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

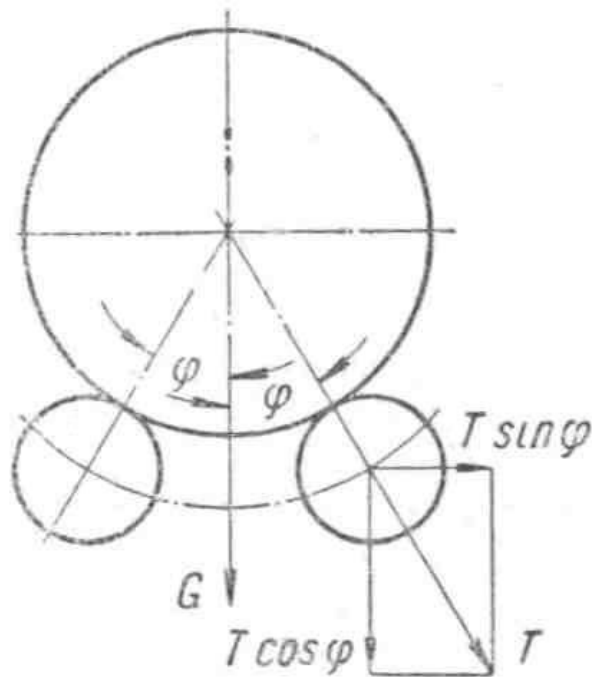


Рисунок 1.3 – Ескіз для визначення зусиль, що діють на ролик

Кут 2φ зазвичай дорівнює 60° . Це забезпечує необхідну стійкість барабана та не викликає надмірної сили реакції T . Під час роботи в матеріалі бандажів та роликів виникають контактні напруги. Ці напруги визначають необхідну ширину бандажу та роликів.

Ширина бандажа b визначається залежно від допустимого навантаження на 1 погонний метр довжини майданчика торкання.

$$b = \frac{T}{P}, \quad \text{м} \quad (1.6)$$

Значення $P = \frac{T}{b}$ на підставі практики рекомендується брати від 1 МН/м для швидкообертальних апаратів, і до 2,4 МН/м для повільнообертальних апаратів, що роблять 3–4 об/хв.

Після визначення ширини бандажа знаходять інші розміри з умови міцності на вигин. Момент, що згинає бандаж, визначається за формулою:

$$M = A \cdot Q \cdot R, \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad (1.7)$$

де Q – навантаження, що діє на бандаж, Н;

R – внутрішній радіус бандажу, м;

A – коефіцієнт, що залежить від характеру навантаження та роду кріплення бандажа. Зазвичай $A = 0,07-0,09$.

Далі знаходять максимальну напругу вигину:

$$\sigma_{изг} = \frac{M}{W}, \quad \text{Па}$$

де W – момент опору, рівний прямокутного перерізу:

$$W = \frac{bh^2}{6}, \quad \text{м}^3$$

Відношення h/b для цільнокованих бандажів приймають від 1/1 до 1/2,6.

Діаметр опорних роликів береться в 3–4 рази менше від зовнішнього діаметра бандажа, тобто:

$$d = \frac{D_{\sigma}}{4} \div \frac{D_{\sigma}}{3}, \quad \text{м}$$

Ролики виготовляються з менш міцного матеріалу, ніж бандаж. У відповідальних випадках ролики роблять сталевими, а зазвичай їх відливають із сірого чавуну і потім обточують.

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів

Барабанні апарати, що обертаються, складаються з наступних частин і пристроїв (рис. 1.4). Основною частиною є барабан, габаритні розміри якого визначаються необхідною величиною реакційного чи робочого простору. У середині барабан буває порожнім або з насадками для переміщення та пересипання матеріалу або з ланцюгами для збільшення теплопередачі та подрібнення матеріалу.

Барабан забезпечений бандажами, що передають навантаження від ваги барабана, заповненого матеріалом, на ролики опорних станцій. На одній із опорних станцій робляться пристрої для попередження осьового переміщення барабана. На барабані закріплено вінець для приведення його в обертання. Із вінцем пов'язана шестерня, що сидить на валу редуктора, яка разом із двигуном утворює приводну секцію.

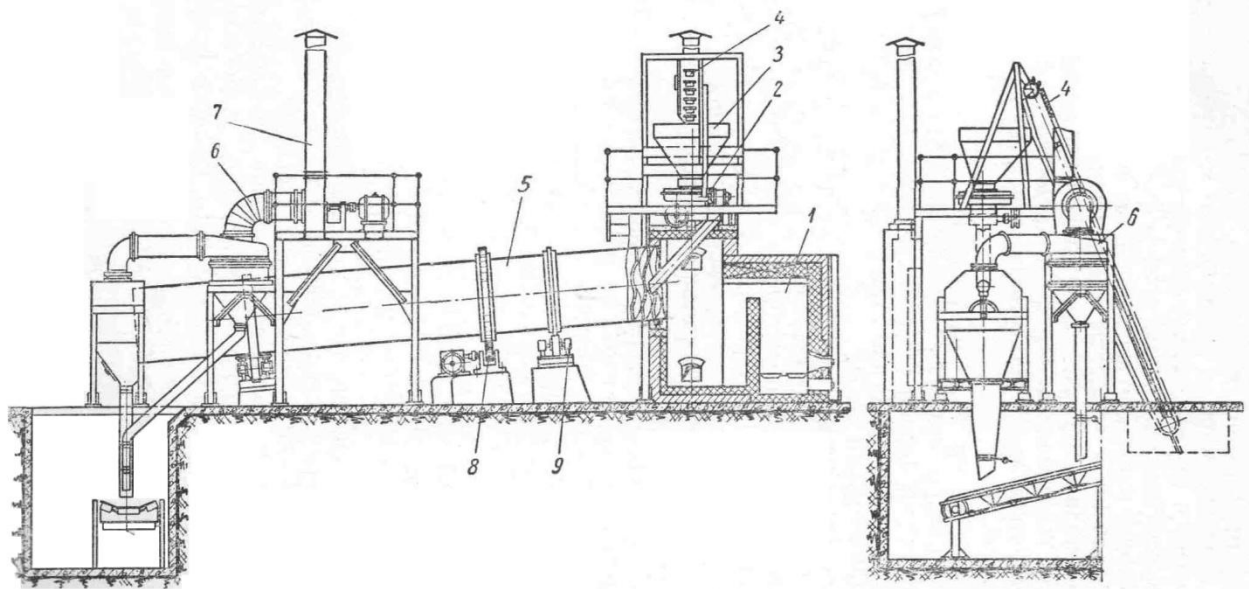


Рисунок 1.4 – Основні частини барабанного апарату, що обертається:
 1 – топка; 2 – дисковий живильник; 3 – бункер; 4 – елеватор; 5 – барабан;
 6 – циклон; 7 – вентилятор; 8 – привод; 9 – опорна станція

По кінцях барабана встановлюють камери для завантаження та вивантаження матеріалу, а також для відведення та підведення газу. Іноді замість камер встановлюють так звані головки, що являють собою рухомі камери, що притискаються до барабана. Зазор між барабаном, що обертається, і нерухомими камерами або головками ущільнюється спеціальними пристроями – лабіринтними, радіальними або торцевими ущільненнями. Біля одного з кінців барабана встановлюється пристрій живлення, а з іншого – розвантажувальний пристрій для введення та виведення з апарату оброблюваного матеріалу.

Барабани виготовляються з вуглецевих сталей, якщо агресивність середовища не викликає необхідності застосування легованих сталей. Обичайки барабанів виготовляються звареними. Зварювання стикове, проводиться автоматично під шаром флюсу, для товстих листів – двостороння, для листів товщиною до 20 мм – одностороння з підваркою.

Барабани, що працюють у важких умовах за температурою, наприклад барабани сушарок для кальцинованої соди, температура стінок яких доходить до 300°, іноді роблять цільнокованими або звареними горновим зварюванням з подальшим проковуванням шва.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Товщина листів для виготовлення барабанів береться не менше ніж 10 мм, а у великих цементних печах доходить до 40–50 мм.

Барабани великого діаметра, особливо, що працюють при високих температурах і навантажені не лише власною вагою, але й вагою футерування, посилюються кільцями жорсткості, які сприяють збереженню форми поперечного перерізу. Виготовляються кільця з вуглецевої сталі завтовшки 20–30 мм і висотою 120–150 мм і приварюються до барабана. Кільця, що посилюють, не повинні перекривати поперечні шви. Відстань між кільцями жорсткості береться 2–3 м. У корпусі можуть бути влаштовані лази для подачі та виїмки цегли футеровки, люки для відбору проб, бобишки для установки дутьових форсунок і т. д.

Бандажі служать передачі навантаження від ваги всіх обертових частин апарату на опорні ролики. Вони є кільцями прямокутного, квадратного або коробчатого перерізу, що виготовляються з якісної вуглецевої сталі.

Існує кілька способів кріплення бандажів до барабанів. Найчастіше застосовується вільне кріплення бандажів. Останні надягають на 20–24 чавунні башмаки (рис. 1.5), навернуті головками в різні боки для запобігання аксіального зміщення бандажу.

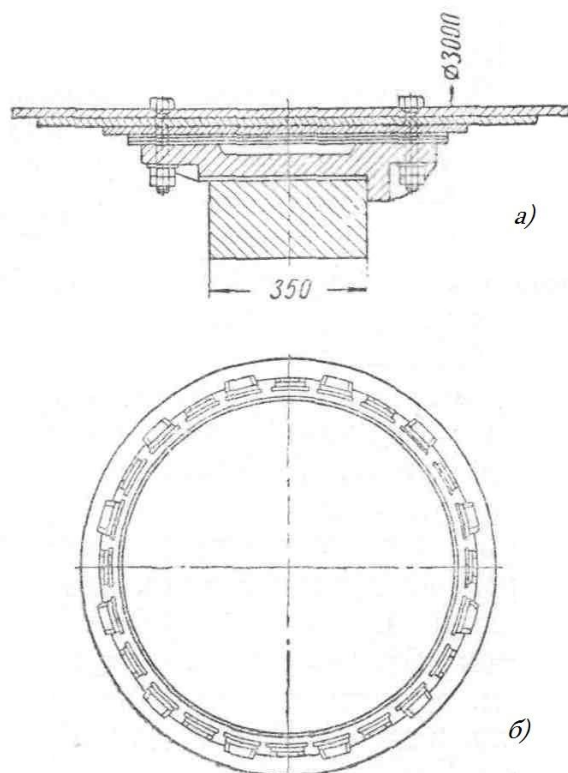


Рисунок 1.5 – Підсилювальні підкладки та встановлення чавунних черевиків

					ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

Під черевики підкладаються підсилююча і одна-дві регулюючі підкладки. Підбором товщини регулюючих підкладок досягається поєднання центрів барабана та бандажу. Бандажі кріпляться до барабана болтами з простими або потайними головками, розміщеними з внутрішньої сторони барабана.

У сучасних конструкціях застосовуються черевики, відлиті зі сталі, які приварюються до регулюючих підкладок, які у свою чергу приварені до кільця, що підсилює. Така конструкція проста, але дуже ускладнює зміну бандажу (рис. 1.6).

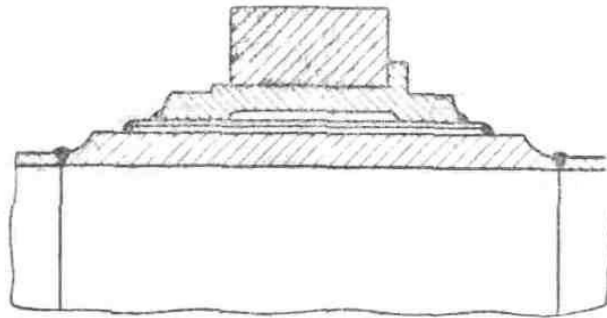


Рисунок 1.6 – Установка кільця та приварювання до нього черевиків

При вільній посадці бандажів на барабани необхідно передбачати температурні зазори, інакше в стінках барабана виникнуть крайові напруги, які можуть викликати фарбування футеровки.

Розмір зазначеного зазору береться щонайменше $\delta = \alpha \cdot \Delta t \cdot D$, де α – коефіцієнт температурного розширення, а Δt – різниця між температурою стінки під час монтажу барабана та робочою температурою стінки.

Ролики опорних станцій сприймають навантаження від ваги всіх обертових частин. Підшипники роликів влаштовуються так, щоб забезпечити можливість переміщення роликів у напрямку перпендикулярному до осі барабана, так і повертання навколо вертикальної осі обертання.

Передача крутного моменту від двигуна через редуктор до барабана здійснюється, як правило, за допомогою малої шестерні, що сидить на вихідному валу редуктора, до основної, так званої вінцевої шестерні, змонтованої на барабані. Вона є дуже відповідальною деталлю, що працює при високих напругах, і важить до 15 тонн. Тому, якщо вінцеві шестерні малих і середніх барабанів, що оберта-

ються, виготовляються з чавуну і забезпечуються литими зубами, то шестерні важких барабанів робляться зі сталі і зубці їх фрезеруються. Модулі у великих шестернях досягають 50. Шестерні відливаються з двох половин, що з'єднуються призонними болтами, або стяжними кільцями.

Відомі два види кріплення вінцевої шестерні до барабана: жорстке та гнучке кріплення. Останнє здійснюється у двох варіантах: кріплення на тангенціальних пружинах та на поздовжніх пружинах.

Жорстко кріпляться шестерні холодних барабанів, температура яких під час роботи змінюється незначним чином. У сушильних барабанах та печах робоча температура перевищує температуру монтажу, що викликає необхідність гнучкого кріплення. Основна вимога до таких гнучких з'єднань полягає в тому, щоб вони, не перешкоджаючи тепловому розширенню барабана, забезпечували збереження співвісності барабана та вінця.

Кріплення вінцевої шестерні за допомогою плоских тангенціальних пружин зображено на рис. 1.7. Воно досить еластичне і працює добре, але ускладнює центрування шестерні. У другій конструкції (рис. 1.8) плоскі пружини розташовані вздовж осі.

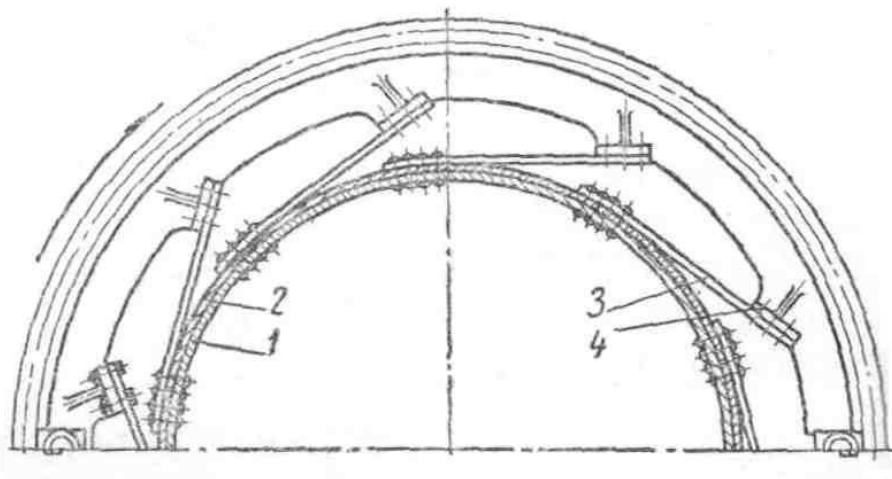


Рисунок 1.7 – Кріплення вінцевої шестерні до барабана тангенціальними пружинами: 1 – барабан; 2 – пояс жорсткості; 3 – плоска пружина; 4 – лапа шестерні

Механічні властивості і хімічний склад сталі 20 наведено відповідно в табл. 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 20 при температурі 20°C [8]

Стан поставки	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	Ψ (%)	НВ (не більше)
Сталь калібрована:				
– гарячекатана, кована, другої категорії після нормалізації	410	25	55	
– п'ятої категорії після нагартування	490	7	40	
– п'ятої категорії після відпалення	390	21	50	
Сталь калібрована і калібрована зі спеціальною обробкою:				
– після відпалення	390–490	7	50	163
– після сфероїдизуючого відпалення	340–440		50	163
– загартування без термообробки	490		40	207
Смуги нормалізовані або гарячекатані	410	25	55	
Лист тепло обробний першої та другої категорій	340–490	28		127

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 20 [8]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,17–0,24	0,17–0,37	0,35–0,65	до 0,25	до 0,04	до 0,04	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~98

У якості прокладкового матеріалу використовуємо пароніт ПОН-1 – це листовий матеріал, виготовлений пресуванням азбокаучукової маси, яка складається із азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів.

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Технологічні розрахунки

Технологічний розрахунок проводимо відповідно до методики, викладеної в [9]. Для сушарки барабанного типу вибираємо прямотокову схему руху матеріалу і теплоносія.

За рекомендаціями [9] приймаємо коефіцієнт заповнення барабана $\psi = 0,15$. За діаграмою Рамзина (див. Додаток А) параметри повітря перед калорифером складають: точка А на діаграмі ($X_0 = 0,005$ кг/кг; $I_0 = 20$ кДж/кг).

Тоді параметри повітря у калорифері: точка В ($t_{вн} = 150^\circ\text{C}$, $X_B = 0,005$ кг/кг, $I_B = 170$ кДж/кг).

Параметрами точки C_1 є: постійна ентальпія $I_B = 170$ кДж/кг і кінцева температура повітря, яку приймаємо за практичними даними $t_{вк} = 90^\circ\text{C}$ [9].

При теоретичному процесі сушіння питома теплота визначається з наступного рівняння:

$$q_T = \frac{I_B - I_0}{X_{вих} - X_0}, \quad (2.1)$$

де $X_{вих}$ – вміст вологи у повітрі на виході з сушарки при теоретичному процесі, кг/кг. За діаграмою Рамзина $X_{вих} = 0,028$ кг/кг (точка C_1 , Додаток А).

$$q_T = \frac{170 \cdot 10^3 - 20 \cdot 10^3}{0,028 - 0,005} = 6,5 \cdot 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

У реальній сушарці кінцевий вміст вологи X_K буде меншим за $X_{вих}$. Його значення визначаємо наступним чином.

Із рівняння лінії реального процесу сушіння

$$I = I_B - \Delta q \cdot (X - X_0), \quad (2.2)$$

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

приймавши будь-яке значення X , менше $X_{\text{вих}}$, визначаємо I , попередньо розрахувавши витрату вологи W , що випаровується, і поправку Δq для реального процесу сушіння.

Витрата вологи, що випаровується:

$$W = G_1 \cdot (\omega_H - \omega_K), \quad (2.3)$$

$$W = 6000 \cdot (0,062 - 0,012) = 300 \text{ (кг/год.)}$$

Питома теплота на нагрівання матеріалу при температурі матеріалу на виході з сушарки:

$$q_{\text{МАТ}} = \frac{G_1 \cdot c_M \cdot (\theta_K - \theta_H)}{W}, \quad (2.4)$$

де c_M – питома теплоємність хлориду натрію, $c_M = 840 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ [10].

$$q_{\text{МАТ}} = \frac{6000 \cdot 840 \cdot (60 - 20)}{300} = 6,7 \cdot 10^5 \text{ (Дж / кг)}.$$

Із огляду на те, що втрати тепла складають 10 %, отримаємо:

$$q_{\text{ПОГ}} = 0,10 \cdot q_T = 0,10 \cdot 6,5 \cdot 10^6 = 6,5 \cdot 10^5 \text{ (Дж/кг)}.$$

Різниця температур в теоретичній і реальній сушарках:

$$\Delta q = q_{\text{МАТ}} + q_{\text{ПОГ}} - c_w \cdot t_{\text{В0}}, \quad (2.5)$$

$$\Delta q = 6,7 \cdot 10^5 + 6,5 \cdot 10^5 - 4200 \cdot 10 = 1,278 \cdot 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

Приймавши значення $X = 0,02 \text{ кг/кг}$, за рівнянням (2) розраховуємо:

$$I = 170 \cdot 10^3 - 1,278 \cdot 10^6 \cdot (0,02 - 0,005) = 150 \cdot 10^3 \text{ (Дж/кг)}.$$

Виходячи з діаграми Рамзина (Додаток А), визначаємо вміст вологи в повітрі на виході з сушарки. Для цього проведемо лінію через дві точки:

– точка В має координати ($X_B = 0,005$ кг/кг; $I_B = 170$ кДж/кг);

– точка D має координати ($X = 0,02$ кг/кг; $I = 150$ кДж/кг),

до перетину з ізотермою $t_{BK} = 90^\circ\text{C}$. Відповідно, знаходимо вміст вологи у повітрі, який залишає барабанну сушарку: $X_K = 0,019$ кг/кг (точка С, Додаток А).

Витрата сухого теплоносія в сушарці:

$$G_C = \frac{W}{X_K - X_0}, \quad (2.6)$$

$$G_C = \frac{300}{0,019 - 0,005} = 21429 \text{ (кг/ГОД.)}$$

Витрата вологого теплоносія на виході з сушарки:

$$V_B = V_{num} \cdot G_C, \quad (2.7)$$

$$\text{де } v_{num} = \frac{R_B \cdot T}{P - \phi_6 P_{нас}} = \frac{287 \cdot (273 + 90)}{10^5 - 0,78 \cdot 3,22 \cdot 10^4} = 1,4 \text{ (м}^3\text{/кг);}$$

$$V_B = 1,4 \cdot 21429 = 30000 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Прийmemo швидкість повітря на виході з сушарки за [9]: $\omega_r = 4$ м/с при розмірі частинок $\delta_q = 0,5\text{--}2,5$ мм і насипній щільності матеріалу $\rho_H = 950$ кг/м³.

Внутрішній діаметр сушильного барабана:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot (1 - \psi) \cdot \omega_r}}; \quad (2.8)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 30000}{3,14 \cdot (1 - 0,15) \cdot 4 \cdot 3600}} = 1,75 \text{ (м)}.$$

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

Прийнявши товщину футерування $\delta_{\Phi} = 0,15$ м [9], розрахуємо зовнішній діаметр сушарки:

$$D_H = D + 2 \cdot \delta_{\Phi}, \quad (2.9)$$

$$D_H = 1,76 + 2 \cdot 0,15 = 2,06 \text{ (м)}.$$

Згідно [9] вибираємо сушильний барабанний апарат із зовнішнім діаметром 2200 мм.

Згідно [10], приймаємо напруженість барабана за вологою $A=6,5$ кг/(м³·год), тоді необхідний внутрішній об'єм барабана буде дорівнювати:

$$V_B = \frac{W}{A}, \quad (2.10)$$

$$V_B = \frac{300}{6,5} = 46,15 \text{ (м}^3\text{)}.$$

При цьому довжина барабана складе:

$$L = \frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot D_B^2}, \quad (2.11)$$

$$L = \frac{4 \cdot 46,15}{3,14 \cdot 2,2^2} = 12,15 \text{ (м)}.$$

За [9] остаточно вибираємо сушарку СБ 2,2 – 14.

Попередня товщина стінки барабана δ , мм, знаходиться в межах:

$$0,005 \cdot D_B \leq \delta \leq 0,01 \cdot D_B;$$

$$0,005 \cdot 2200 \leq \delta \leq 0,01 \cdot 2200;$$

$$11 \leq \delta \leq 22.$$

Із можливого діапазону приймаємо $\delta = 14$ мм.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.3 Гідравлічний опір апарата

У цьому підрозділі визначаємо гідравлічний опір сушильного барабана за методикою [11]. За прийнятим коефіцієнтом заповнення барабана $\psi = 0,15$ відносний вільний перетин барабана складе $\varphi = 0,85$.

Еквівалентний діаметр барабана для секторної насадки:

$$D_E = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{\pi + Z}, \quad (2.12)$$

де Z – відношення довжини барабана до його внутрішнього діаметра;

$$Z = 14 / (2,2 - 2 \cdot 0,15) = 7,4.$$

$$D_E = \frac{3,14 \cdot (2,2 - 2 \cdot 0,15) \cdot 0,85}{3,14 + 7,4} = 0,48 \text{ (м)}.$$

Критерій Рейнольдса для частинок розміром $\delta_{CP} = 0,85$ мм.

$$Re = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot \delta_{CP} \cdot \rho_{Vcp}}{\mu_{Vcp}}, \quad (2.13)$$

$$Re = \frac{4 \cdot 0,85 \cdot 0,9}{22 \cdot 10^{-6}} = 139090.$$

За рисунком [11] визначаємо λ_B для гладкої труби: $\lambda_B = 2$.

Таким чином, опір барабана (без урахування транспортуючого матеріалу):

$$\Delta P_B = \lambda_B \cdot \frac{L}{D_E} \cdot \omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{Vcp}; \quad (2.14)$$

$$\Delta P_B = 2 \cdot \frac{14}{0,48} \cdot 4^2 \cdot 0,9 = 840 \text{ (Па)}.$$

Відносна масова концентрація матеріалу:

$$y = \frac{G_1 + (G_1 - W)}{2} \cdot G_C \cdot X_K, \quad (2.15)$$

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$y = \frac{6000 + (6000 - 300)}{2 \cdot 3600} \cdot \frac{21429}{3600} \cdot 0,019 = 0,184 \text{ (кг/кг)}.$$

Опір сушильного барабана при $k = 1,4$ [11]:

$$\Delta P = \Delta P_B \cdot (1 + k \cdot y); \quad (2.16)$$

$$\Delta P = 840 \cdot (1 + 1,4 \cdot 0,184) = 1056 \text{ (Па)}$$

За літературними даними [11] опір барабанної сушарки знаходиться у діапазоні 1000–1500 Па при швидкості сушильного агента 3–5 м/с і заповненні барабану до 20 %. Отже, наше отримане значення ($\Delta P = 1056$ Па) відповідає вказаному чисельному діапазону.

2.4 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір газодувки [12]. Подача повітря в барабанну сушарку забезпечується за допомогою газодувки.

Газодувку підбирають у залежності від номінальної подачі і створюваного тиску, необхідного для подолання опорів повітряного тракту з метою нормальної роботи сушарки. Загальний тиск, що розвивається газодувкою визначається за формулою:

$$P = 1,05 \cdot (\Delta P_1 + \Delta P_2), \quad (2.17)$$

де $\Delta P_1 = 1056$ Па – опір барабанної сушарки;

$\Delta P_2 = 500$ Па – опір калорифера (приймається);

1,05 – коефіцієнт, який враховує втрати тиску в газопроводах (5 %).

$$P = 1,05 \cdot (1056 + 500) = 1634 \text{ (Па)}.$$

Потужність, що споживається газодувкою:

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$N = \frac{V \cdot P}{1000 \cdot \eta}, \quad (2.18)$$

де V – об'ємна витрата повітря, необхідного для висушування матеріалу;
 $\eta = 0,6$ – загальний ККД газодувки.

Визначаємо об'ємну подачу повітря вентилятором:

$$V = \frac{G_c \cdot (t_{B0} + 273)}{3600 \cdot \rho_B \cdot 273} = \frac{21429 \cdot (10 + 273)}{3600 \cdot 1,25 \cdot 273} = 4,94 \text{ (м}^3\text{/с)}. \quad (2.19)$$

$$N = \frac{4,94 \cdot 1634}{1000 \cdot 0,6} = 13,45 \text{ (кВт)}.$$

Із запасом 30 % вибираємо газодувку марки ВР-225 продуктивністю 377 м³/хв. І максимальним перепадом тиску 70 кПа.

Розрахунок і вибір циклону [12].

Розраховуємо площу перетину циклону:

$$F = \frac{V}{v_0}, \quad (2.20)$$

де $v_0 = 4,5$ м/с – оптимальна швидкість газового потоку в циклоні.

$$F = \frac{4,94}{4,5} = 1,1 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначаємо діаметр циклону:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{F} = 1,13 \cdot \sqrt{1,1} = 1,185 \text{ (м)}. \quad (2.21)$$

Із ряду типорозмірів вибираємо циклон ЦН-24 діаметром 1,2 м.

Розраховуємо дійсну швидкість повітря в циклоні:

$$v_0' = \frac{1,27 \cdot V}{D^2} = \frac{1,27 \cdot 4,94}{1,2^2} = 4,36 \text{ (м/с)}. \quad (2.22)$$

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо відхилення дійсної швидкості газу в циклоні від оптимальної:

$$\frac{v_0 - v_0'}{v_0} \cdot 100\% = \frac{4,5 - 4,36}{4,5} \cdot 100\% = 3\% . \quad (2.23)$$

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		27

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність [13]

Маса матеріалу, який знаходиться в сушарці:

$$m_M = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_\Phi^2}{4}, \quad (3.1)$$

де ρ – щільність хлориду натрію; $\rho = 2165 \text{ кг/м}^3$.

$$m_M = \frac{0,15 \cdot 2165 \cdot 14 \cdot \pi \cdot 1,872^2}{4} = 12500 \text{ (кг)}.$$

Маса барабана з футеровкою:

$$m_B = \frac{\pi \cdot (D_H^2 - D^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_M + \frac{\pi \cdot (D^2 - D_\Phi^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_\Phi, \quad (3.2)$$

де $D = D_H - 2 \cdot \delta = 2200 - 2 \cdot 14 = 2172 \text{ мм}$;

$D_\Phi = D - 2 \cdot \delta_\Phi = 2172 - 2 \cdot 150 = 1872 \text{ мм}$;

$\rho_\Phi = 2200 \text{ кг/м}^3$ – щільність матеріалу футеровки;

$\rho_M = 7850 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_B = \frac{\pi \cdot (2,2^2 - 2,172^2)}{4} \cdot 14 \cdot 7850 + \frac{\pi \cdot (2,172^2 - 1,872^2)}{4} \cdot 14 \cdot 2200 = 39900 \text{ (кг)}.$$

Сумарна маса барабана і матеріалу:

$$m = m_B + m_M, \quad (3.3)$$

$$m = 39900 + 12500 = 52400 \text{ (кг)}.$$

Лінійна напруга (див. рис. 3.1):

$$q = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{52400 \cdot 9,81}{14} = 36700 \text{ (Н/м)}. \quad (3.4)$$

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

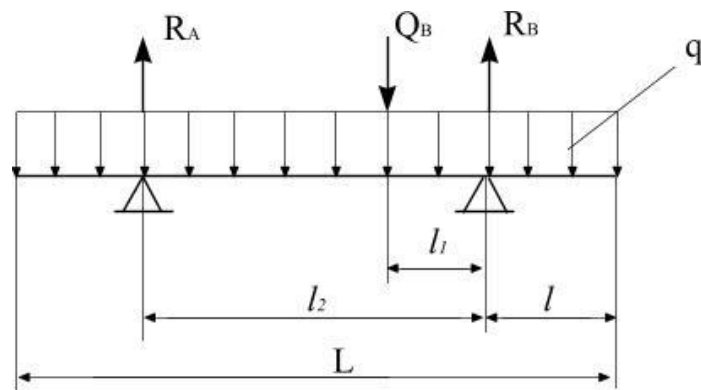


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення товщини стінки бандажа

Реакція на опорах:

$$R_A = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot l_1}{l_2}, \quad (3.5)$$

$$\text{де } l_2 = 0,585 \cdot L = 0,585 \cdot 14 = 8,19 \text{ м};$$

$$l = 0,205 \cdot L = 0,205 \cdot 14 = 2,87 \text{ м};$$

$$l_1 = 0,09 \cdot L = 0,09 \cdot 14 = 1,26 \text{ м};$$

$Q_B = 20900 \text{ Н}$ – навантаження від венцової шестерні [9].

$$R_A = \frac{36700 \cdot 14}{2} + \frac{20900 \cdot 1,26}{8,19} = 260000 \text{ Н};$$

$$R_B = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot (l_2 - l_1)}{l_2} = \frac{36700 \cdot 14}{2} + \frac{20900 \cdot (8,19 - 1,26)}{8,19} = 274600 \text{ Н}. \quad (3.6)$$

Максимальний згинальний момент, що діє на барабан:

$$M_{\max} = q \cdot L \cdot \frac{(2 \cdot l_2 - L)}{8} + Q_B \cdot \frac{(l_2 - l_1) \cdot l_1}{l_2}; \quad (3.7)$$

$$M_{\max} = 36700 \cdot 14 \cdot \frac{(2 \cdot 8,19 - 14)}{8} + 20900 \cdot \frac{(8,19 - 1,26) \cdot 1,26}{8,19} = 175100 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Момент опору перетину корпусу барабана:

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$W = \frac{\delta \cdot \pi \cdot D_{CP}^2}{4} = \frac{14 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 2,036^2}{4} = 0,046 \text{ м}^3, \quad (3.8)$$

$$\text{де } D_{CP} = \frac{(D_H + D_\phi)}{2} = \frac{(2200 + 1872)}{2} = 2036 \text{ мм}.$$

Напруга в корпусі барабана:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{175100}{0,046} = 3,8 \text{ МПа}. \quad (3.9)$$

Допустима напруга для апаратів з футеровкою $[\sigma] = 20 \text{ МПа}$.

Умова міцності виконується: $\sigma \leq [\sigma]$ ($3,8 \text{ МПа} < 20 \text{ МПа}$).

Виконуємо розрахунок барабана на жорсткість (визначаємо прогин).

Лінійне навантаження від маси оброблюваного матеріалу:

$$q_1 = \frac{g \cdot m_M}{L} = \frac{9,81 \cdot 12500}{14} = 8760 \text{ (Н/м)}. \quad (3.10)$$

Лінійне навантаження від маси барабана:

$$q_2 = \frac{g \cdot m_B}{L} = \frac{9,81 \cdot 39900}{14} = 28000 \text{ (Н/м)}. \quad (3.11)$$

Момент інерції одиночного кільця барабана:

$$I_x = \frac{\delta^3}{12} = \frac{(14 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ (м}^3\text{)}. \quad (3.12)$$

Сумарний прогин від чинного напруги:

$$y_{\max} = \frac{D_{CP}^3}{8 \cdot E \cdot I_x} \cdot (0,04 \cdot q_1 + 0,002 \cdot q_2), \quad (3.13)$$

де E – модуль пружності, $E = 1,87 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y_{\max} = \frac{2,036^3}{8 \cdot 1,87 \cdot 10^{11} \cdot 2,3 \cdot 10^{-7}} \cdot (0,04 \cdot 8760 + 0,002 \cdot 28000) = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{y_{\max}}{D_{\text{CP}}} = \frac{4,9 \cdot 10^{-3}}{2,036} = 2,4 \cdot 10^{-3} = 1/416. \quad (3.14)$$

Умова жорсткості виконано, тобто:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon] \quad (1/416 < 1/300).$$

Визначаємо геометричні розміри бандажа, вільно насунутих на корпус сушарки.

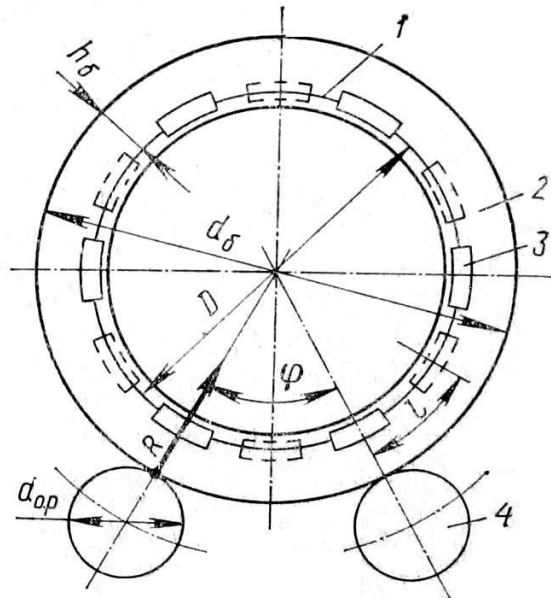


Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку бандажа і опорних роликів

Визначаємо ширину бандажа:

$$b_{\delta} = \frac{R}{q_H}, \quad (3.15)$$

де $q_H = (1,0 \div 2,4) \text{ МН/м}$ – допустиме навантаження, яке приходить на одиницю довжини майданчика торкання ролика і бандажа;

R – реакція опори ролика, МН.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$R = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha}{2 \cdot z \cdot \cos(\phi/2)}, \quad (3.16)$$

де $\alpha = 3^\circ$ – кут нахилу барабана [9];

$\phi = 41^\circ$ – кут між опорними роликами [9];

z – кількість бандажів (візьмемо $z = 1$ шт.).

$$R = \frac{52400 \cdot 9,81 \cdot \cos 3^\circ}{2 \cdot 1 \cdot \cos(41^\circ/2)} = 274000 \text{ Н} = 0,274 \text{ МН}.$$

$$b_\sigma = \frac{0,274}{2,0} = 0,135 \text{ м}.$$

Ширина опорного ролика $b_{o.p.}$ повинна бути більша за ширину бандажа на 30 мм.

$$b_{o.p.} = b_\sigma + 0,03 = 0,135 + 0,03 = 0,165 \text{ м}.$$

Діаметр опорних роликів $d_{o.p.}$ беруть в 3–4 рази меншим, ніж зовнішній діаметр барабана:

$$d_{o.p.} = \frac{D_H}{4} = \frac{2,2}{4} = 0,55 \text{ м}.$$

Умова контактної міцності на зминання в місці торкання ролика і бандажа:

$$\sigma_{CM} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{R}{b_\sigma} \cdot E \cdot \frac{r_\sigma + r_{o.p.}}{r_\sigma \cdot r_{o.p.}}} \leq [\sigma]_{CM}, \quad (3.17)$$

де r_σ – зовнішній радіус бандажа;

$$r_\sigma = \frac{D_H + 2 \cdot h_\sigma}{2} = \frac{2,2 + 2 \cdot 0,1}{2} = 1,2 \text{ м};$$

$r_{o.p.}$ – зовнішній радіус опорного ролика.

$$\sigma_{CM} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,274}{0,135} \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot \frac{1,2 + 0,275}{1,2 \cdot 0,275}} = 54,4 \text{ МН} / \text{м}^2.$$

$[\sigma]_{CM} = 300 \div 500 \text{ МПа}$ (для сталевго лиття) – допустиме напруження матеріалу ролика і бандажа на зминання.

Остаточно маємо:

$$\sigma_{CM} < [\sigma]_{CM} \quad (54,4 \text{ МПа} < 300 \text{ МПа}),$$

тобто умова виконується.

Далі виконаємо перевірку контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного ролика і бандажа.

Осьова сила, яку сприймають упорні ролики:

$$T = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{10^6}; \quad (3.18)$$

$$T = \frac{52400 \cdot 9,81 \cdot \sin 3^\circ}{10^6} = 0,027 \text{ (МН)}.$$

Умова контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного конічного ролика і бандажа:

$$\sigma_C = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot E}{b_{y.p.} \cdot r_b \cdot \sin(\frac{\gamma}{2})}} \leq [\sigma]_C, \quad (3.19)$$

де $b_{y.p.}$ – ширина упорного ролика, м; $b_{y.p.} = b_{o.p.} = 0,165$ м;

$\gamma = 17^\circ$ – кут конусності упорного ролика.

$$\sigma_C = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,027 \cdot 1,87 \cdot 10^5}{0,165 \cdot 1,25 \cdot \sin(\frac{17^\circ}{2})}} = 17,0 \text{ МПа} < 300 \text{ МПа}.$$

Умови виконуються.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

Перевірка міцності бандажа на вигин.

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{\bar{o}}}{W_{\bar{o}}} \leq [\sigma]_{изг}, \quad (3.20)$$

де $M_{\bar{o}} = \frac{R \cdot \ell}{4}$ – максимальний згинальний момент в місці контакту опорного ролика і бандажа, МН·м;

ℓ – відстань між сусідніми башмаками

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_B}{m}, \quad (3.21)$$

де $m = 16$ – загальна кількість башмаків [9].

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_B}{m} = \frac{3,14 \cdot 2,2}{16} = 0,43 \text{ м.}$$

$$M_{\bar{o}} = \frac{0,274 \cdot 10^6 \cdot 0,43}{4} = 29 \text{ кН.}$$

$W_{\bar{o}}$ – момент опору перерізу бандажа, м³.

$$W_{\bar{o}} = \frac{b_{\bar{o}} \cdot h_{\bar{o}}^2}{6}, \quad (3.22)$$

де $h_{\bar{o}} = 0,1$ м – висота бандажа.

$$W_{\bar{o}} = \frac{0,135 \cdot 0,1^2}{6} = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Тоді:

$$\sigma_{изг} = \frac{29 \cdot 10^3}{2,25 \cdot 10^{-4}} = 128,9 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{изг} \leq [\sigma]_{изг} \quad (128,9 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа}).$$

Отже, умова виконується.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж апарата [14, 15]

Вантажопідйомні машини є істотною складовою частиною більшості виробництв, оскільки вони відіграють дуже важливу роль в механізації технологічних процесів.

Сучасне кранобудування характеризується: вдосконаленням конструкцій; застосуванням нових матеріалів, методів і засобів виготовлення та контролю; впровадженням більш досконалих методів розрахунку; підвищенням надійності.

Пневматичні катки, дорожні крани, бульдозери та ін. із кожним роком усе більше застосовуються на будівництві. Їх головна перевага полягає у великій швидкості переміщення (до 60 км/год.). Особливо зручні пневмоколісні крани для роботи в міських умовах і на невеликих об'єктах, що віддалені один від одного.

Під час монтажу крупногабаритних об'єктів, а також для підйому великої кількості обладнання та металоконструкцій на значну висоту застосовують баштові крани марок КБ-100, С-981Б, МСК-5-20А, КБ-160.2, КБК-250, БК-180, КБ-573, МСК-250, КБ-674, БК-1000 та інші.

Більшість кранів може працювати як на виносних опорах, так і без них. Деякі можуть пересуватися з піднятим вантажем, що значно розширює сферу їх застосування.

На підставі проведених конструктивних розрахунків, монтуємо барабану сушарку діаметром 2,2 м, довжиною барабана 14 м і загальною масою приблизно 40 тонн. Тобто нам необхідно похило встановити обертовий барабан, на який надіти два бандажа і зубчастий вінець. Бандажами барабан спирається на чотири ролика, які змонтовано на рамах. Два опорних ролика обмежують осьове зміщення корпусу барабана. На обох кінцях барабана є камери: в одній передбачено введення газів і завантаження вологого матеріалу, а в іншій – розвантаження підсушеного продукту і відведення газів. Між камерами і барабаном роблять спеціальні ущільнення для запобігання підсосу повітря ззовні.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35

Перед монтажем апарат необхідно ретельно очистити від антикорозійного покриття. Для горизонтального обладнання, як в нашому випадку, що буде розміщено на нульовій позначці, фундаменти виконують у вигляді двох залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. Сушарка встановлюється на бетонний фундамент. Глибина залягання фундаменту не повинна бути менше 436 мм. Монтаж слід проводити по рамному рівню. Необхідна точність установки барабанної сушарки в обох напрямках 0,5 / 1000.

Після вивірки апарата фундаментні болти заливаються бетоном. Після затвердіння бетону слід затягнути гайки фундаментних болтів, перевіряючи стан апарата рівнем. Затягування гайок повинно проводитися рівномірно і плавно. Потім під раму барабана підливається цементний розчин і ведеться остаточна обробка фундаменту.

При обробці фундаменту необхідно передбачити закладання труб для підведення електроживлення до автоматичного вимикача і від автоматичного вимикача до барабану. Місце установки автоматичного вимикача вибирається таким чином, щоб він не заважав проведенню ремонтних робіт. Заземляють апарат до загальної системи заземлення.

Барабанна сушарка доставляється на монтажний майданчик у розібраному вигляді за допомогою тягача. Для приймання призначається відповідальна особа з числа ІТП, якій здійснює приймання деталей, що надійшли на об'єкт, і записує в журнал «Прийому і огляду обладнання». Готовність апарата під монтаж оформляють актом, підписаним представниками замовника монтажної організації.

Після перевірки стану конструкції підписується акт «приймання – здачі обладнання». Після підписання акту, відповідальність за обладнання несе монтажна організація.

Одним із найбільш поширених способів монтажу для масивного горизонтального обладнання є підйом пневмоколісними стріловидними самохідними кранами. Цей спосіб активно використовують, оскільки він не вимагає тривалих підготовчих робіт, а також є безпечним і зручним (рис. 4.1).

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

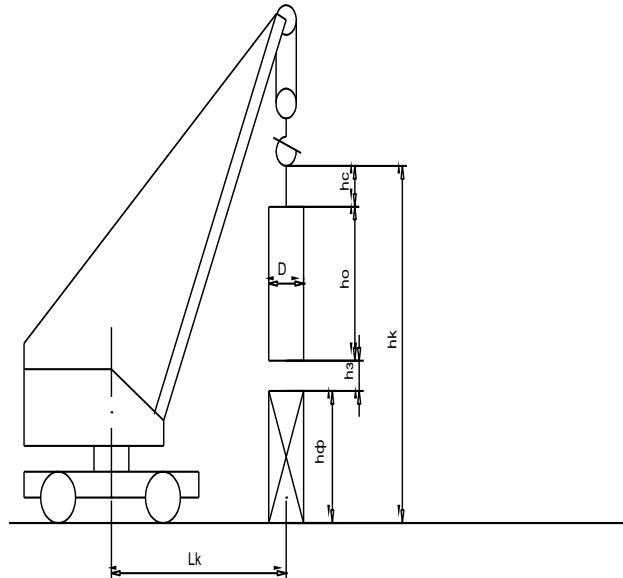


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема підйому горизонтального апарата стріловидними кранами методом ковзання з відривом від землі

Монтаж починають із підйому апарата з вихідного горизонтального положення без відриву його від землі. Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апарата виконують тільки маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом в межах їх вантажної характеристики.

Після установки і вивірки апарата перевіряють надійність зачеплення зубчастої передачі. А після підключення барабанної сушарки до електромережі перевіряють коректність обертання барабана і можливість завантаження матеріалу в середину барабана.

4.2 Ремонт апарата [15]

Барабанна сушарка є дуже металомістким апаратом, а тому при його ремонті виконується великий обсяг монтажних робіт із застосуванням підйомно-транспортного обладнання, риштувань та помостів. Частина вузлів сушарки не може бути замінена за допомогою існуючих самохідних монтажних кранів через

Підготовчі роботи дозволяють зменшити тривалість капітального ремонту і провести його протягом 18–28 діб.

Перед здачею в ремонт з барабанної сушарки необхідно видалити клінкер і футеровку, ретельно очистити всі підлягаючі ремонту і розбиранню вузли. Найбільш часто ремонттованими вузлами барабанної сушарки є корпус, роликові опори, бандажі, венцові пари, приводи, вентилятори і димососи, теплообмінні пристрої, холодильники, масляні системи, системи водяного охолодження, аспіраційні пристрої.

Майже кожна зупинка барабанної сушарки на капітальний ремонт супроводжується заміною дефектних ділянок корпусу. Така заміна проводиться шляхом установки нових обичайок довжиною від 1 до 20–30 м, причому найбільш часто замінюються ділянки по 3–4 м. При цьому потрібна установка підпор під консолі корпусу для запобігання можливого викривлення осі апарата в місці установки нових обичайок. Стиковка їх зі старим корпусом – доволі трудомістка операція, а застосування існуючих методів перевірки стикувань нерідко призводить до значних неточностей.

Привід є найбільш відповідальним вузлом. Від надійності його роботи залежить нормальна експлуатація усього агрегату. Відповідно до кінематичної схеми приводу сушарки, яка містить: електродвигун, редуктор, універсальний шпindel і венцову пару – найменш надійним в експлуатації і найбільш часто ремонттованим вузлом вважається венцова пара.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

5 Охорона праці

Причини забруднення і характер впливу повітря робочої зони на працівників [16, 17]

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, а й необхідну чистоту повітря.

Чистим вважається повітря, не забруднене твердими, рідкими та газоподібними речовинами, які змінюють його природний склад.

Тверді, рідкі або газоподібні речовини, що потрапляють у повітря, змінюючи його природний склад, називаються емісіями. Емісії – це забруднення техногенного походження.

Забруднення повітря має місце в такому випадку, коли забруднююча повітря речовина або декілька речовин присутні в такій кількості і протягом такого часу, що спричиняють шкоду людям, тваринам, рослинам та майну.

За концентрації кисню не більше 9 % (нормальний барометричний тиск) у людини настає кисневе голодування тканин організму (аноксемія), що може призвести до смерті.

Підвищений вмісту азоту у повітрі призводить до наркотичної дії, так за концентрації азоту 83% відчувається задуха, а за 93 % – настає смерть від нестачі кисню (зростання вмісту азоту означає зменшення вмісту кисню).

Допустима норма вуглекислого газу в приміщенні 0,1...0,2%, на робочих місцях – до 0,5%. Підвищений вміст вуглекислого газу призводить до зменшення вмісту кисню.

Важливо, щоб повітря мало певний йонний склад. В повітрі містяться негативні і позитивні йони, які, в свою чергу, бувають легкі, середні і важкі. Важкі йони утворюються в результат осадження легких йонів на різних частках: пилу, краплинах. В незабрудненому повітрі переважно знаходяться легкі йони, в забрудненому – важкі. Нормується оптимальний вміст легких йонів у повітрі робочої зони.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

В сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності досліджується вплив цих речовин на організм людини і встановлюються безпечні для людини концентрації та дози.

На промислових підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, які утворюються в результаті технологічного процесу, або містяться в сировині, продуктах чи напівпродуктах, у відходах виробництва. Ці речовини потрапляють у повітря у вигляді пилу, газів або пари і діють негативно на організм людини.

При роботі або ремонті копіювальних апаратів виділяються такі хімічні речовини, як озон, оксид азоту, аміак, стирол (вінілбензол), ацетон (пропан-2-он), селенистий водень (гідроселенід), епіхлоргідрин (хлорметилоксиран), кислоти, бензин, оксид етилену (оксиран).

Досить поширеним небезпечним та шкідливим виробничим чинником є виробничий пил. Від пилу потерпають робітники гірничодобувної промисловості, машинобудування, металургії, текстильної промисловості, сільського господарства і т. ін. Залежно від походження пил може бути органічним (тваринний, рослинний, штучний), неорганічним (металевий, мінеральний) та змішаним.

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях.

Мікроклімат – це сукупність показників робочого місця, які впливають на тепловий обмін працівників з оточуючим середовищем. До них відносяться: температура повітря (°C), відносна вологість (%), швидкість руху повітря (м/с), інтенсивність теплового випромінювання (Вт/м²), барометричний тиск (мм рт. ст.). Згідно з системою стандартів безпеки праці (ГОСТ12.1.005-88) «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони», а також ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми виробничих приміщень» нормуються оптимальні й допустимі умови виробничого середовища.

Оптимальними (комфортними) називають такі параметри мікроклімату, які при тривалій і систематичній дії на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

нормально, тепло, що виділяється організмом людини, повинне повністю відводитися у навколишнє середовище. Порушення теплового балансу може призвести до перегрівання або до переохолодження організму людини і, зрештою, до втрати працездатності, втрати свідомості та до теплової смерті. Величина тепловиділення організмом людини залежить від ступеня фізичного напруження за певних кліматичних умов і складає від 85 (у стані спокою) до 500 Дж/с (важка робота). Тому при зміні зовнішніх умов середовища терморегуляція в організмі людини відбувається за рахунок посилення або послаблення фізіологічних процесів, що обумовлюють теплоутворення в організмі, а також впливають на тепловіддачу тіла людини в навколишнє середовище. Тепло відводиться від тіла людини випромінюванням, конвекцією, кондукцією та випаровуванням вологи. Коли температура повітря нижча за температуру шкіри людини, втрати тепла організмом відбуваються, переважно, за рахунок конвекційного і радіаційного переносу тепла, Якщо температура поверхні тіла дорівнює температурі навколишнього повітря або вища за неї, то тепловтрати тіла відбуваються лише за рахунок випаровування вологи.

Нормальне теплове самопочуття має місце, коли тепловиділення (Q) організму людини повністю сприймаються навколишнім середовищем, тобто коли має місце тепловий баланс:

$$Q = Q_k + Q_t + Q_v + Q_p + Q_d, \quad (5.1)$$

де Q_k – конвекція внаслідок обтікання тіла повітрям;

Q_t – теплопровідність через одяг;

Q_v – випромінювання на оточуючі поверхні;

Q_p – випаровування вологи потовими залозами;

Q_d – дихання.

У цьому випадку температура внутрішніх органів залишається постійною на рівні 36,6 °С.

					<i>XI.C.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.

12. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.

13. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.

14. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.

15. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.

16. Повітря робочої зони [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ztec.com.ua>

17. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони, їх класифікація та нормування [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cpo.stu.cn.ua>