

Кафедра "Хімічної інженерії"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри, д-р техн.наук, проф.

\_\_\_\_\_  
Підпис, дата

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"  
за освітньою програмою "Обладнання хімічних виробництв і  
підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: Виробництво хлориду калію. Розробити та  
модернізувати пневматичну сушарку.

Виконавець роботи \_\_\_\_\_ Глінкін В. С.

\_\_\_\_\_  
Підпис, дата

Магістерська робота

Науковий керівник

Захищена на засіданні ДЕК

к.т. н., доц. Юхименко М. П.

з оцінкою: \_\_\_\_\_

науковий ступінь, вчене звання

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 р.

\_\_\_\_\_  
Підпис, дата

Підпис голови

(заступника голови) комісії

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 64 с., 13 рис., 2 додатка, 18 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарату, складальне креслення вузла, креслення корпусу, схема автоматизації.

Тема проекту: «Виробництво хлориду калію. Розробити та модернізувати пневматичну сушарку».

Наведено теоретичні основи і особливості процесу сушіння, виконані технологічні, проектні і розрахунки на міцність обґрунтований вибір матеріалів для виготовлення апарату. Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи проектного апарату.

**Ключові слова:** СУШАРКА, ХЛОРИД КАЛІЮ, ТРУБА-СУШАРКА

## ЗМІСТ

Вступ	
1. Аналіз літературних джерел.....	6
2. Технологічна частина.....	12
2.1 Опис технологічної схеми установки.....	12
2.2 Теоретичні основи процесу.....	14
2.3 Опис конструкції апарату, вибір матеріалів об'єкта розробки.....	16
2.4. Модернізація пневматичної труби-сушарки.....	17
2.5. Матеріальні та технологічні розрахунки.....	23
2.6. Конструктивні розрахунки.....	33
2.7. Гідравлічний опір апарату.....	35
2.8. Розрахунок допоміжного обладнання.....	36
3. Проектно конструкторська частина.....	40
3.1 Розрахунок на міцність корпусу сушарки.....	40
3.2 Розрахунок опори апарату.....	42
4. Будівельно монтажна частина.....	48
4.1 Монтаж апарату.....	48
4.2 Ремонт апарату.....	49
5. Автоматика та автоматизація технологічного процесу.....	52
6. Охорона праці та довкілля.....	54
Висновки.....	62
Список літератури.....	63
Додатки:	
Додаток А	

						<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Труба-сушарка пневматична</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Разраб.</i>	<i>Глінкін</i>									3	64
<i>Провер.</i>	<i>Юхименко</i>							<i>СумДУ ХМ.м-91/1</i>			
<i>Реценз.</i>											
<i>Н. Контр.</i>											
<i>Утверд.</i>											

## ВСТУП

Видалення вологи з твердих і пастоподібних матеріалів дозволяє здешевити їх транспортування, надати їм необхідні властивості (наприклад, зменшити злежуваність добрив або поліпшити розчинність барвників) а також зменшити корозію апаратури а трубопроводів при зберіганні або подальшій обробці цих матеріалів.

Вологу можна видаляти з матеріалів механічними способами (віджиманням, відстоюванням, фільтруванням, центрифугуванням). Однак більш повне зневоднення досягається шляхом випаровування вологи і стовбура утворюються пари за допомогою теплового сушіння.

Цей процес широко використовується в хімічній технології. Він часто є останньою операцією на виробництві, що передує випуску готового продукту. При цьому попереднє видалення вологи зазвичай здійснюється більш дешевими механічними способами (наприклад, фільтруванням), а остаточне - сушінням. Такий комбінований спосіб вилучення волога дозволяє підвищити економічність процесу. У хімічних виробництвах, як правило застосовується штучна сушка матеріалів спеціальних сушильних установках, так як природна сушка на відкритому повітрі процес занадто тривалий.

По своїй фізичній суті сушка є складним дифузійним процесом, швидкість якого визначається швидкістю дифузії вологи з глибини висушувати матеріал в навколишнє середовище. Як буде показано нижче, видалення вологи при сушінні зводиться до переміщення тепла і речовини волога вітру матеріалу і їх перенесення з поверхні матеріалу в навколишнє середовище. Таким чином, процес сушіння є поєднання пов'язаних один з одним процесів тепло - і масообміну (вологообміну).

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		4

За способом підведення тепла до висушують матеріалу розрізняють наступні види сушіння:

1) конвективна сушка - шляхом безпосереднього зіткнення висушуваного матеріалу з сушильним агентом, в якості якого зазвичай використовують нагріте повітря або топкові гази (як правило, в суміші з повітрям);

2) контактна сушка - шляхом передачі тепла від теплоносія до матеріалу через розділяє їх стінку:

3) радіаційна сушка - шляхом передачі тепла інфрачервоними променями; 4)

діелектрична сушка- шляхом нагрівання в полі струмів високої частоти,

5) сушка сублимації - сушка в замороженому стані при глибокому вакуумі. За способом передачі тепла цей вид сушки аналогічний контактної, але своєрідність процесу змушує сублимаційну сушку виділяти в особливу групу.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		5



комплексного аналізу та наявних класифікацій сушарок; 3) визначення оптимального режиму сушіння з урахуванням технологічних вимог до якості висушеного продукту; 4) розрахунок апарату з урахуванням необхідної продуктивності; 5) забезпечення екологічної та виробничої безпеки технологічного процесу; 6) економічний розрахунок [5].

За способом підведення тепла до висушуваного матеріалу виділяють такі види сушіння:

1) конвективна сушка –сушка шляхом безпосереднього зіткнення висушуваного матеріалу з сушильним агентом, зазвичай використовують нагріте повітря або топкові гази;

2) контактна сушка –сушка шляхом передачі тепла від теплоносія до матеріалу через розділяючу стінку:

3) радіаційна сушка –сушка шляхом передачі тепла інфрачервоними променями;

4) діелектрична сушка –сушка шляхом нагрівання в полі струмів високої частоти;

5) сублимаційна сушка - сушка в замороженому стані при глибокому вакуумі. Спосіб передачі тепла в даному виді сушки такий як і в контактної, але через своєрідність процесу сублимаційна сушка виділяється в особливу групу.

Вибір сушильного апарату для сушіння хлориду калію здійснювався за допомогою методики, яка дозволяє скоротити обсяг науково-дослідних і проектних робіт по апаратурному оформленню процесу сушки. Таблиця показників початкового вибору сушильних апаратів представлена в роботі

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		





При використанні труб-сушарок знижується можливість регулювання швидкості сушильного агента, уникнення порушення транспортування матеріалу та знижується коефіцієнт продуктивності агрегату і виробничої ефективності.

Найпростішим способом, що дозволяє збільшити відносну швидкість руху частинок в газовому потоці є використання відцентрової сили, що виникає при русі пилегазової суспензії по криволінійній траєкторії.

Пневматичні сушарки вдало поєднують процеси фільтрування, сушіння і транспортування матеріалу до місця розвантаження.

Циклонні і вихрові сушарки відносяться до апаратів з закручуванням потоку газосуспензії. Як правило їх використовують в вітамінній промисловості при виробництві деяких продуктів [9]. Вони відрізняються від спіральних тим, що потік матеріалу здійснює рух не по каналу, а всередині порожнього циліндричного корпусу, при цьому, за рахунок тангенціального входу, відбувається обертвий чи спіральний рух. Зазвичай це відбувається за допомогою газорозподільного пристрою, який забезпечує інтенсивність закручування потоку. Основними перевагами таких сушарок є простота конструкції та досить тривалий період проходження матеріалу через зону сушки, що на порядок триваліше, ніж рух по спіралі в пневматичних сушарках. Така перевага дає змогу висушувати речовини, у яких зв'язана волога, до її мінімально залишкового вмісту.

До недоліків відносять зменшення рушійної сили процесу сушки внаслідок перемішування та великий гідравлічний опір [10].

Основна перевага сушарок СП це висока продуктивність завдяки інтенсивності процесу, це дозволяє висушувати одну і ту ж кількість продукту витратити менше часу (до 1 години замість 1 доби), ніж в

					ХІ.С.00.00.00.00.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

сушарках зі стаціонарно розміщеним матеріалом. Вони відрізняються невеликими енерговитратами, займають невелику площу, полегшують операцію завантаження і вивантаження.

До сушарок киплячого шару відносять і апарати з режимом імпульсного киплячого шару [11]. Розрізняють такі методи сушіння в режимах імпульсного киплячого шару:

- 1) імпульсний киплячий шар;
- 2) імпульсний киплячий шар з піддувкою газу.

Сушіння в імпульсному киплячому шарі застосовують для сушки органічного дрібнозернистого матеріалу, який отримується після центрифугування (з вмістом рідини до 25%). Періодично під шаром вологого матеріалу вводять нагрітий теплоносій, він на короткий час призводить речовину в стан інтенсивного псевдозрідження, що з часом згасає. Потім слід повторювати цикл. Весь процес сушки складається з послідовності таких циклів.

Широкого застосування здобули односекційні сушарки з розширюванням догори перетину сушильної камери, зокрема конічні.

Швидкість газу внизу даної сушильної камери повинна бути вище швидкості осадження найбільших частинок, а вгорі швидкість повинна бути нижче швидкості осадження найменших. Завдяки такій формі камери досягається більш організована циркуляція твердих часток, які прагнуть до гори в центрі і опускаються до низу у периферії апарату. Через те, що швидкість газового потоку знижується з висотою, покращується розподіл часток в її обсязі по крупності, також знижується і величина виносу. Таке

рішення призводить до більш рівномірного прогріву часток і дозволяє зменшити висоту камери [10].

В багатосекційних сушарках може бути часткова подача свіжого теплоносія в кожен секцію та послідовний рух матеріалу, так і східчасто-протитечійний рух, де рух матеріалу і газу здійснюється в протитоці один до одного. Завдяки цьому, в секціях можуть бути створені різні гідродинамічні і температурні режими.

Перевага багатосекційних сушильних установок - забезпечення більш рівномірного сушіння матеріалів [9]. До недоліків відноситься така обставина: при сушінні тонкодисперсних матеріалів треба створювати перепад тиску між секціями, що розташовані одна над іншою. Тому такі сушарки слід застосовувати для крупнозернистих матеріалів з хорошими сипучими властивостями [11].

Сушарки псевдозрідженого шару мають дуже багато модифікацій, які пов'язані головним чином з використанням різноманітних механічних приладів, які дозволяють значно розширити область результативного використання киплячого шару.

Сушарки з віброкиплячим шаром матеріала. Застосування вібрацій при сушінні вирішує завдання підвищення інтенсивності теплообміну та масообміну між частинками та теплоносієм, що в результаті турбулізує прикордонний шар та забезпечує стійкий гідродинамічний режим.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		<i>11</i>

## 2. Технологічна частина

### 2.1. Опис технологічної схеми установки

Технологічна схема отримання калію хлористого голургічним методом показана на рисунку 2.1.

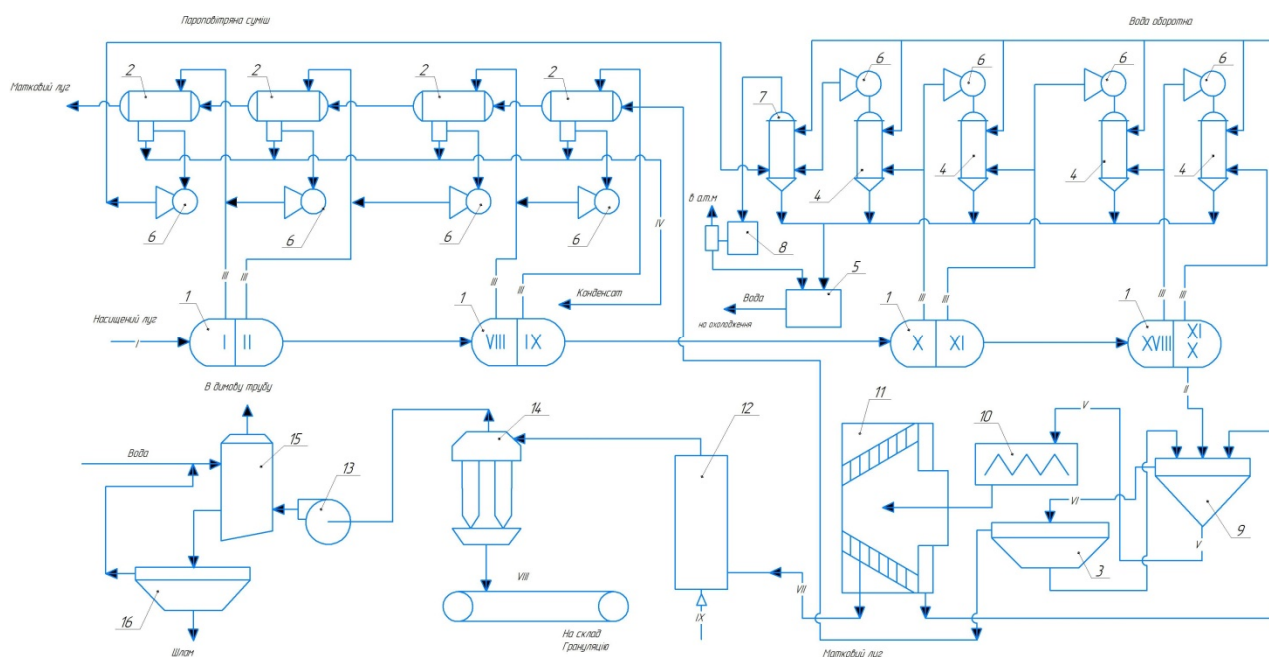


Рисунок 2.1 - Технологічна схема отримання калію хлористого голургічним методом (Відділення кристалізації, центрифугування і сушки):

1 - горизонтальні вакуум-кристалізатори (I-IV ступеня); 2 - поверхневі конденсатори; 3 - згущувач; 4 - конденсатори змішання; 5 - бак-гідрозатвор; 6 - ежекторні насоси; 7 - зведений конденсатор; 8 - вакуум-насос; 9 - відстійник типу «Брандес»; 10 - мішалка; 11 - центрифуга; 12 - пневматична сушарка; 13 - димосос; 14 - батарейний циклон; 15 - комбінований очищувач пилу; 16 - шламовий згущувач.

У конденсаторах змішування, зрошуваних зворотною водою, що надходить з трубопроводу, відбувається конденсація сокового пару, надійшовшого з (X-XIX) ступенів вакуум-кристалізаторів. Водарозом із сконденсованим паром прямує в бакгідрозатвор 5 і далі на охолодження.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Лист

12

Несконденсовані пари і гази всіх конденсаторів відсмоктуються ежекторними насосами 6, причому ежектуюча суміш відсмоктується з конденсатора наступного ступеню і нагнітається в конденсатор попереднього ступеня. З конденсатора XIX ступеня випаровування пароповітряна суміш переганяється таким чином в конденсатор X ступеню і далі до зведеного конденсатора 7, також зрошеного водою.

Аналогічно відсмоктуються гази з I частини ВКУ, починаючи IX ступеню випаровування. Після проходження поверхневого конденсатора I ступеню парогазова суміш направляється до зведеного конденсатора змішувача 7, звідки сконденсовані пар і вода також надходять в бак-гідрозатвор 5, а гази вакуум-насосом 8 викидаються в атмосферу.

Хлоркалієва суспензія з ВКУ надходить у відстійники 9 типу «Брандес» для поділу на кристали і матковий луг. Згущена суспензія перекачується в мішалку 10 і звідти надходить в центрифугу 11. Злив відстійників 9 направляється в згущувач 3, де відстоюється і згущується дрібнодисперсна частина кристалізату, яка повертається назад в відстійник 9. Злив згущувача 3, тобто матковий луг, направляється в поверхневий конденсатор 2 IX ступеню випаровування для підігріву і повторного використання у відділенні розчинення.

Відфугований в центрифугі 11 вологий осад з масовою часткою води до 8% подається на сушку. Фугат перекачується в відстійники 9. На центрифугах для отримання продукту, що містить до 98% KCl, кристали промивають водою для видалення маточного розчину і зниження вмісту NaCl.

Калій хлористий після зневоднення в центрифугах з масовою часткою води не більше 8% подається в трубу сушарку 12. Паралельно з хлористим калієм в сушильному барабані рухаються гарячі топкові гази, які і сушать матеріал.

Висушений і нагрітий калій хлористий вивантажується з труби сушарки з масовою часткою води не більше 0,5% і надходить на склад або подається на

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			13

грануляцію і облагороджування гранул. Відходящі димові гази з сушильного барабана відсмоктуються димососом 13 і піддаються двостадійному очищенню: сухий – в батареїних циклонах 14 і мокрий - в комбінованих очисниках пилу 15.

Вловлений в циклонах пил вивантажується на конвеєр готового продукту, а очищені гази викидаються в атмосферу через димову трубу. На мокрій стадії очищення уловлюються пил калію хлористого і хлористий водень. Шламовий продукт комбінованих очищувачів пилу після нейтралізації 2% -м розчином кальцинованої соди перекачується на освітлення в згущувач 16, злив згущувача повертається на комбіновані очисники пилу.

До відходів виробництва калію хлористого відносяться галітовіта шламові відходи. Основним складом галітових відходів є хлористий натрій і незначна кількість (до 3,1%) калію хлористого. Навідміну від флотаційного методу збагачення відходи галургічного методу не містять токсичних речовин, що створює сприятливі передумови їх подальшої переробки.

## 2.2. Теоретичні основи процесу

Конвективна сушка повітрям або газом є найбільш поширеним методом сушіння в хімічній промисловості. У повітряному сушінні, так само як і в газовій, тепло передається від теплоносія безпосередньо висушують речовини. Для отримання матеріалу високої якості особлива увага повинна приділятися технологічному режиму сушіння, правильному вибору параметрів і визначення режиму процесу (вибір оптимальної температури нагріву матеріалу, вибір оптимальних значень вологості матеріалу і т. Д.) [1]

Оптимальний режим сушіння, що впливає на технологічні властивості матеріалу, залежить від зв'язку вологи з матеріалом.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Фізична сутність сушильного процесу полягає в наступному: рушійною силою процесу видалення вологи з матеріалу є різниця парціальних тисків парів над матеріалом ( $p_n^M$ ) і в навколишньому середовищі ( $p_n^B$ ) (Повітряної або газової):

$$\Delta p = p_n^M - p_n^B \quad (2.1)$$

при  $\Delta p = 0$  настає рівновага і сушка припиняється. якщо  $p_n^B > p_n^M$ , То відбувається протилежний процес зволоження матеріалу. У міру віддалення вологи з поверхні матеріалу, за рахунок різниці концентрації вологи усередині матеріалу і на поверхні його відбувається рух вологи до поверхні шляхом дифузії. У деяких випадках має значення так звана термодифузія, коли рух вологи всередині матеріалу відбувається також за рахунок різниці температур на поверхні і всередині матеріалу в напрямку зменшення температур.

Сушка - процес тепломасообмінний. Видалення вологи з поверхні тісно пов'язане з просуванням її зсередини до поверхні.

Слід зазначити, що при сушінні деяких матеріалів до низької кінцевої вологості тепло витрачається не тільки на підігрів матеріалу і випаровування вологи з нього, а й на подолання зв'язку вологи з матеріалом.

У більшості випадків при сушінні видаляється водяна пара, проте в хімічній промисловості припадає нерідко видаляти пари органічних розчинників. Незалежно від того, яка рідина буде випаровуватися, закономірності процесу ті ж.

### 2.3. Опис конструкції апарату, вибір матеріалів об'єкта розробки

Пневматична сушарка (труба-сушарка) застосовується для сушіння дрібнодисперсних, кристалічних, волокнистих матеріалів, стружки, тріски та волокна. Сушка відбувається в горизонтальній і вертикальній трубі. Цю сушилку використовують як першу стадію з досушування в інших сушарках.

Пневматична сушарка є вертикальну трубу постійного перетину довжиною 10-20 м. У один кінець труби (зазвичай в нижню частину) подається вологий матеріал з бункера живильником. Він підхоплюється гарячим газом і на проході через сушарку висушується. З труби газ зі зваженими в ньому частинками надходить в циклон для вловлювання висушеного продукту. Дослідження показали, що в циклон апарати ефективно триває сушка. Це дозволяє зменшити довжину сушарки. З труби повинно бути видалено стільки вологи, щоб попередити налипання матеріалу на стінки циклону.

Швидкість газу в трубі повинно перевищувати швидкості витання (швидкості осадження частинок). Вона вибирається залежно від розміру і щільності частинок від 10 до 35 м / с. Тому перебування матеріалу в сушарці короткочасно, тому що в трубі-сушарці газ і матеріал рухаються в одному напрямку (прямотоком), така сушарка ефективна для видалення поверхневої вологи (перший період сушіння). Унаслідок короткочасності сушки допустимі підвищені температури теплоносія навіть для термочутливих продуктів. Простота труби-сушарки обумовлює рентабельність сушки багатьох матеріалів.

Ескіз пневматичної сушарки наведено на рис. 2.2

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		16



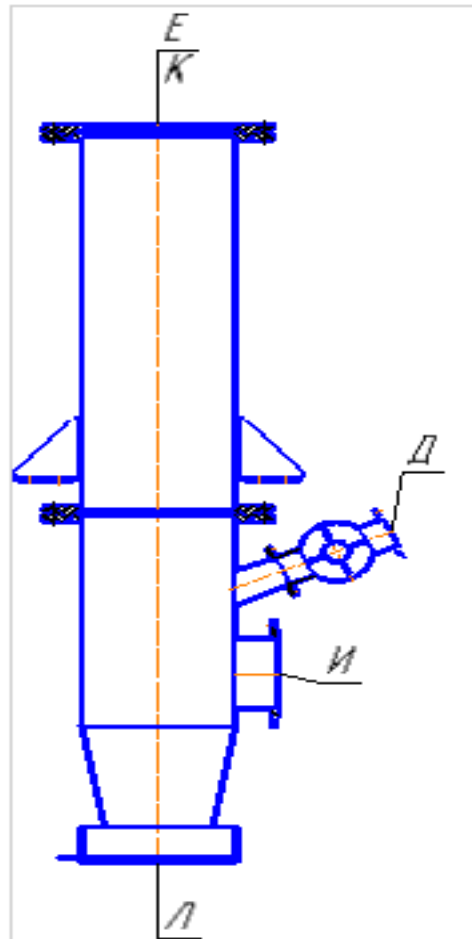


Рисунок 2.2 - Ескіз пневматичної сушарки (труба-сушарка)

Д - вхід вологого продукту, Е - вихід сухого продукту, І - вхід гарячого повітря, К - вихід відпрацьованих газів, Л - вихід залишку продукту.

Сушка вологих матеріалів - це сукупність процесів перенесення тепла і маси, що супроводжуються біохімічними і структурно-механічними змінами речовини. При сушінні матеріал не тільки втрачає вологу при фазовому її перетворенні, але набуває нових якостей. Тому питання вибору способу, оптимального режиму сушки і конструкції апарату безпосередньо пов'язані з властивостями матеріалу і вимог до технології виробництва продукту. Інтенсифікація процесу сушіння також безпосередньо пов'язана з властивостями матеріалу. Практично при сушці вирішуються завдання в двох напрямках: розробка раціонального способу сушіння і відповідної конструкції апарату для нових технологічних ліній і вдосконалення існуючих

										Лист
										17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	XI.C.00.00.00.00.ПЗ					

способів сушки і конструкцій апаратів на діючих виробництвах. Сушка є процес видалення вологи з твердих вологих матеріалів шляхом її випаровування і відведення пари, що утворилася. Сушка може проводитися двома способами:

1 - шляхом безпосереднього зіткнення сушить агента (підігрітого повітря) з висушують матеріалом. Такий вид сушки називається конвективна сушка;

2 - шляхом нагрівання матеріалу, що висушується тим чи іншим теплоносієм через стінку, котра проводить тепло. Такий вид сушки називається контактної сушінням.

У хімічній промисловості найбільш поширена конвективна сушка, яка проводиться гарячими газами. Це може бути підігріте повітря або топковий газ. При сушінні процес передачі рідини з однієї фази в іншу (тобто випаровування рідини) супроводжується процесом теплопередачі. При цьому температури фаз неоднакові. На початку сушіння кількість тепла, передане висушують матеріалу, буде витрачатися на нагрів цього матеріалу. У міру нагрівання матеріалу починається випаровування вологи з нього. При цьому температура рідини, що міститься у вологому матеріалі, і тиск її пара буде зростати. З іншого боку з сушильної камери разом з парами буде відводитися тепло, кількість якого буде збільшуватися в міру прогріву матеріалу. Відповідно тепло, що віддається вологому матеріалу, буде зменшуватися в міру нагрівання матеріалу і настане момент, коли віддане тепло буде витрачатися тільки на випаровування вологи, а нагрів матеріалу припиниться. Тобто тепло, отримане матеріалом від газу, буде йти на випаровування вологи і повертатися газу у вигляді теплоти випаровування рідини. Випаровування вологи буде відбуватися при постійній температурі до тих пір, поки не випарується вся рідина. Процес масопередачі при сушінні відбувається

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		18

наступним чином: волога матеріалу з поверхні частинок, що висушується переходить в повітря, де вміст вологи нижче рівноважного. У той же час, як волога випарувалася з поверхні, її концентрація стає нижче рівноважної і вона рухається від центру частинки матеріалу до поверхні частинки. Таким чином, процес випаровування вологи з матеріалу відбувається тільки з поверхневою плівки вологи.

Процес сушіння буде протікати до тих пір, поки пружність парів рідини над матеріалом більше, ніж парціальний тиск вологи в газі. Якщо пружність парів рідини над матеріалом менше, ніж парціальний тиск вологи в газі, то відбувається конденсація пара. Для успішного проведення сушки необхідно, щоб тиск парів над матеріалом було більше, ніж парціальний тиск вологи в газі.

При проведенні процесу конвективного сушіння підігрітим повітрям або топковим газами, розведеними свіжим повітрям, параметри сушить газу, такі як температура, ентальпія, відносна вологість, вологовміст, парціальний тиск парів води в газі взаємопов'язані між собою і в процесі сушіння постійно змінюються. Найбільш просто і наочно ці залежності виражені графічно на діаграмі стану вологого повітря, або як її називають 1-х - діаграма вологого повітря. Конструкційний матеріал вибирається, виходячи з властивостей переробляється середовища, тиску і температури. Матеріали за хімічним складом і механічними властивостями повинні задовольняти вимогам державних стандартів і технічним умовам якості і характеристики матеріалів повинні підтверджуватися підприємством постачальником у відповідних сертифікатах.

Для корпусу сушарки, всіх внутрішніх пристроїв застосовується конструкційна низьколегована сталь 16ГС ГОСТ 19282-73.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		19

Сталь 16ГС - конструкційна низьколегована для зварних конструкцій. Характеризується підвищеною міцністю і ударною в'язкістю в інтервалі температур від мінус 40 °С до + 745 °С. Порігхолодноломкості сталі лежить нижче мінус 40 °С. Сталь добре деформується і обробляється різанням. Сталь добре зварюється усіма видами зварювання. Нестійка в багатьох агресивних середовищах.

З неї виготовляють: обичайки, днища, плоскі фланці корпусів апаратів, штуцери і трубопроводи, трубні решітки теплообмінних апаратів і інші деталі апаратів відповідального призначення.

Наведемо, у вигляді таблиць, механічні властивості листової сталі і її хімічний склад.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад, в процентах (ГОСТ 19282-73)

З	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
			не більше						
0,12-0,18	0,44-0,7	0,9-1,2	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04	0,008	0,008

Таблиця 1.2 - Механічні властивості

Марка стали	товщина листа, мм	σ <sub>В</sub>	σ <sub>Т</sub>	δ <sub>5</sub> ,%	а <sub>н</sub> , МДж / м <sup>2</sup>
		МПа			
		не менше			
16ГС	4 - 40	500	330	22	0,6

## 2.4 Модернізація пневматичної труби-сушарки

В якості модернізації було обрано завихрювач газового потоку (Рис.2.3)

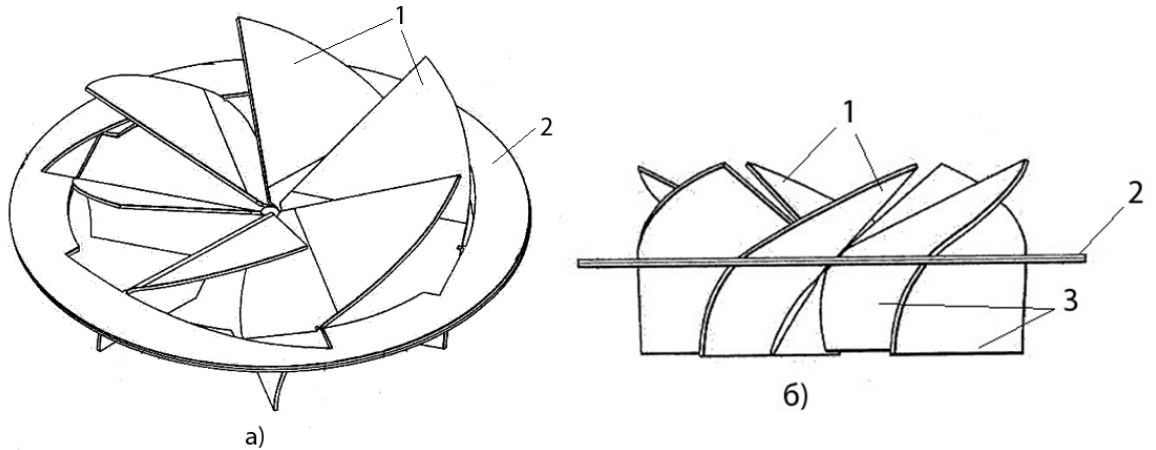


Рис. 2.3 Завихрювач, а) периферійний вид, б) вид збоку, 1 – лопатки, 2 – периферійне кільце, 3 – вхідні кромки.

Завихрювачі можуть бути використані для поділу в розділових пристроях, в яких вони створюють відцентрові вихори в потоці текучого середовища, такого як газ або рідина, додатково містить, як варіант, тверді частинки.

У випадках низьковитратних застосувань завихрювачі можуть бути вирізані з листового матеріалу, такого як листовий метал або листова заготовка. Завихрювач може бути вирізаний з вихідної металевої листової заготовки, наприклад, за допомогою лазерного різання, по радіальних лініях різання, що розділяє суміжні лопатки, і кругової периферійної лінії різання з радіусом, відповідним радіусу каналу, в якому передбачається встановити зазначений завихрювач.

Завдання цього винаходу полягає в забезпеченні недорогого завихрювача з підвищеною ефективністю поділу текучих середовищ, зокрема

для відділення рідини з суміші, що складається з газу і рідини. Іншим завданням є забезпечення завихрювача, що створює менші втрати тиску.

Зазначені вище завдання вирішені за допомогою завихрювача з листового матеріалу, що містить безліч лопаток, що мають кромку з боку входу потоку, що утворить вхідний кут, і кромку з боку виходу потоку, що утворить вихідний кут. Кромка з боку входу потоку і кромка з боку виходу потоку проходять від центральної ділянки до периферійної кромки. Периферійна кромка проходить між кінцевими точками кромки з боку входу потоку і кромки з боку виходу потоку. Лопатки вигнуті таким чином, що вхідний кут більше, ніж вихідний кут.

В даному випадку показаний на вигляді збоку вхідний кут є кут між вхідною ділянкою лопатки і площиною листової заготовки, з якої утворений завихрювач. Відповідно, показаний на вигляді збоку вихідний кут є кутом між вихідною ділянкою лопатки і площиною листової заготовки, з якої отримано завихрювач. Якщо вхідний кут складає більше  $70^\circ$ , наприклад, більше  $80^\circ$ , наприклад, приблизно  $90^\circ$ , він по суті збігається з напрямком усередненого потоку газу, що надходить до завихрювача. Таким шляхом газовий потік поступово прямує до вихідної ділянки. Було встановлено, що це призводить до створення значно меншого перепаду тиску в завихрювачі. Підходящі вихідні кути знаходяться, наприклад, в інтервалі від  $30^\circ$  до  $60^\circ$ , переважно від  $50^\circ$  до  $60^\circ$ , що, як правило, призводить до високої ефективності завихрення, хоча при практичному застосуванні можуть бути також використані і інші вихідні кути.

Завдяки такому рішенню зміниться траекторія газового потоку, а з цим і траекторія руху частинок хлориду калію, що збільшить час перебування частинок в сушарці. Також завдяки наявності периферійного кільця буде зменшена площа перетину труби сушарки, що збільшить швидкість сушильного агента в її нижній частині. Таким чином газовий потік буде підхоплювати й частинки більшого розміру.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		22

## 2.5.Матеріальні та технологічні розрахунки

Вихідні дані:

кількість вологого матеріалу -  $G = 10000$  кг / год;

вологість матеріалу,% мас .:

початкова - 8;

кінцева - 0,5;

температура матеріалу,  $^{\circ}\text{C}$ :

початкова - 20;

кінцева - 70;

сушильний агент - топкові гази з початковою температурою  $t_{\text{н}} = 700^{\circ}\text{C}$ ;

кінцевої температурою  $t_{\text{к}} = 100^{\circ}\text{C}$ ;

Кількість вологого матеріалу (кг/год)

$$G_{\text{н}} = G_{\text{к}} \frac{100 - w_{\text{к}}}{100 - w_{\text{н}}} \quad (2.2)$$

$$G_{\text{н}} = 10000 \frac{100 - 0.5}{100 - 8} = 10815$$

Кількість води щовипаровується (кг/год)

$$W = G_{\text{н}} - G_{\text{к}} \quad (2.3)$$

$$W = 10815 - 1000 = 815$$

Секундна продуктивність(кг/с):

по вологому матеріалу

$$G_{\text{н}} = \frac{10815}{3600} = 3$$

по висушеному матеріалу

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		23

$$G_k = \frac{10000}{3600} = 2,78$$

завипареною вологою

$$W = \frac{815}{3600} = 0,078$$

Внаслідок незначної різниці ентальпій топкових газів і повітря (не більше 0,8%) [1] при розрахунку газових сушарок можна користуватися І - х діаграмою вологого повітря.

Прийmemo, що в якості палива використовується природний сухий газ (як найбільш екологічно чисте паливо) наступного складу (в об'ємних%): 92,0% CH<sub>4</sub>; 0,5% C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>; 5,0% H<sub>2</sub>; 1,0% CO; 1,5% N<sub>2</sub> [4, с.163]

Теоретична кількість сухого повітря L<sub>0</sub>, що витрачається на спалювання 1 кг палива, так само [4, X.1]:

$$L_0 = 138 \cdot (0,0179CO + 0,24H_2) + \sum \frac{m + \frac{n}{4}}{12 \cdot m + n} C_m H_n, \quad (2.4)$$

де склади топкових газів виражені в об'ємних частках. Підставляючи відповідні значення, отримаємо:

$$L_0 = 138 \cdot (0,0179 \cdot 0,01 + 0,248 \cdot 0,05 + \frac{1 + \frac{4}{4}}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,92 + \frac{2 + \frac{6}{4}}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,005) =$$

$$= 17,68 \text{ кг / кг.}$$

Для визначення теплоти згорання палива скористаємося характеристиками горіння простих газів [4, с.163]:

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		24



газ	реакція	Тепловий ефект реакції, кДж / м <sup>3</sup>
водень	$H_2 + 0,5O_2 = H_2O$	10810
Окис вуглецю	$CO + 0,5O_2 = CO_2$	12680
метан	$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$	35741
Етан	$C_2H_6 + 3,5O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$	63797

Кількість тепла  $Q_v$ , що виділяється при спалюванні 1 м<sup>3</sup> газу(кДж/м<sup>3</sup>), так само:

$$Q_v = 0,92 \cdot 35741 + 0,005 \cdot 63797 + 0,05 \cdot 10810 + 0,01 \cdot 12680 = 33868$$

Щільність газоподібного палива  $\rho_T$ (кг / м<sup>3</sup>) [4, X.2]

$$\rho_T = \frac{\sum C_m H_n \cdot M_i}{V_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_T}, \quad (2.5)$$

де  $M_i$  - молярна маса палива, кмоль / кг;  $t_T$  - температура палива,  $t_T = 18^\circ C$ ;  $V_0$  - молярний об'єм,  $V_0 = 22,4 \text{ м}^3 / \text{кмоль}$ . тоді

$$\rho_m = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,05 \cdot 2 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28) \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 18)} = 0,656$$

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива(кДж/кг)

$$Q = \frac{Q_v}{\rho_T} \quad (2.6)$$

$$Q = \frac{33868}{0,656} = 51606$$

Маса сухого газу, що подається в сушарку, в розрахунку на 1 кг палива, що спалюється визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря  $\alpha$ , необхідного для спалювання палива та розведення топкових газів до температури суміші  $t_1 = 700^\circ\text{C}$ . Значення коефіцієнта  $\alpha$  [4, X.6]:

$$\alpha = \frac{Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T + i_{c.g.} \cdot (1 - \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} C_m H_n) - i_n \cdot \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} C_m H_n}{L_0 \cdot (i_{c.g.} + i_n \cdot x_0 - I_0)}, \quad (2.7)$$

де  $\eta$  - ккд топки,  $\eta = 0,95$ ;  $c_T$  - теплоємність газоподібного палива при температурі  $t_T = 18^\circ\text{C}$ ,  $c_T = 1,34$  кДж / кг·До;  $I_0$  - ентальпія свіжого повітря, кДж / кг;  $i_{c.g.}$  - ентальпія сухих газів, кДж / кг;

$$i_{c.g.} = c_{c.g.} \cdot t_{c.g.}; \quad (2.8)$$

$c_{c.g.}$  - теплоємність сухих газів,  $c_{c.g.} = 1,05$  кДж / кг·до;  $t_{c.g.}$  - температура сухих газів,  $t_{c.g.} = 700^\circ\text{C}$ ;  $x_0 = 0,009$  кг/кг - вологовміст свіжого повітря при місцевих умовах (прийнятих): температурі  $18^\circ\text{C}$  і відносній вологості  $\phi_0 = 72\%$ ;  $i_n$  - ентальпія водяної пари, кДж / кг;

$$i_n = r_0 + c_n \cdot t_n, \quad (2.9)$$

$r_0$  - теплота випаровування води при температурі  $0^\circ\text{C}$ ,  $r_0 = 2500$  кДж / кг;  $c_n$  - середня теплоємність водяної пари,  $c_n = 1,97$  кДж / кг·К;  $t_n$  - температура водяної пари,

$$t_n = t_{c.g.} = t_1 = 700^\circ\text{C}.$$

Перерахуємо зміст компонентів палива, при згорянні яких утворюється вода, з об'ємних часток в масові:

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		26

$$\text{CH}_4 = \frac{0,92 \cdot 16 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,656 \cdot (273 + 18)} = 0,939 ;$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 = \frac{0,005 \cdot 30 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,656 \cdot (273 + 18)} = 0,0096 ;$$

$$\text{H}_2 = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,656 \cdot (273 + 18)} = 0,0064 .$$

Кількість вологи, що виділилася при згоранні 1 кг палива дорівнює:

$$\begin{aligned} \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n &= \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,939 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,0096 + \frac{9 \cdot 2}{12 \cdot 0 + 2} \cdot 0,0064 = \\ &= 2,19 \text{ кг / кг.} \end{aligned}$$

Коефіцієнт надлишку повітря

$$a = \frac{51606 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 18 - 1,05 \cdot 700 \cdot (1 - 2,19) - (2500 + 1,97 \cdot 700) \cdot 2,19}{17,68 \cdot [1,05 \cdot 700 + (2500 + 1,97 \cdot 700) \cdot 0,0092 - 41,9]} = 14,04$$

Загальна питома маса сухих газів, що отримується при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури суміші  $t_1 = 700^\circ\text{C}$  (кг/кг), дорівнює:

$$G_{c.g} = 1 + \alpha \cdot L_0 - \sum \frac{9 \cdot n}{2 \cdot m + n} \cdot C_m H_n \quad (2.10)$$

$$G_{c.g} = 1 + 14,04 \cdot 17,68 - 2,19 = 247$$

Питома маса водяної пари в газовій суміші при спалюванні 1 кг палива(кг/кг)

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		27

$$G_{\text{п}} = \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n + \alpha \cdot x_0 \cdot L_0 \quad (2.11)$$

$$G_{\text{п}} = 2,19 + 14,04 \cdot 0,0092 \cdot 17,68 = 4,47$$

Вологовміст газів на вході в сушарку (кг/кг)

$$x_1 = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{с.г}}} \quad (2.12)$$

$$x_1 = \frac{4,47}{247} = 0,018$$

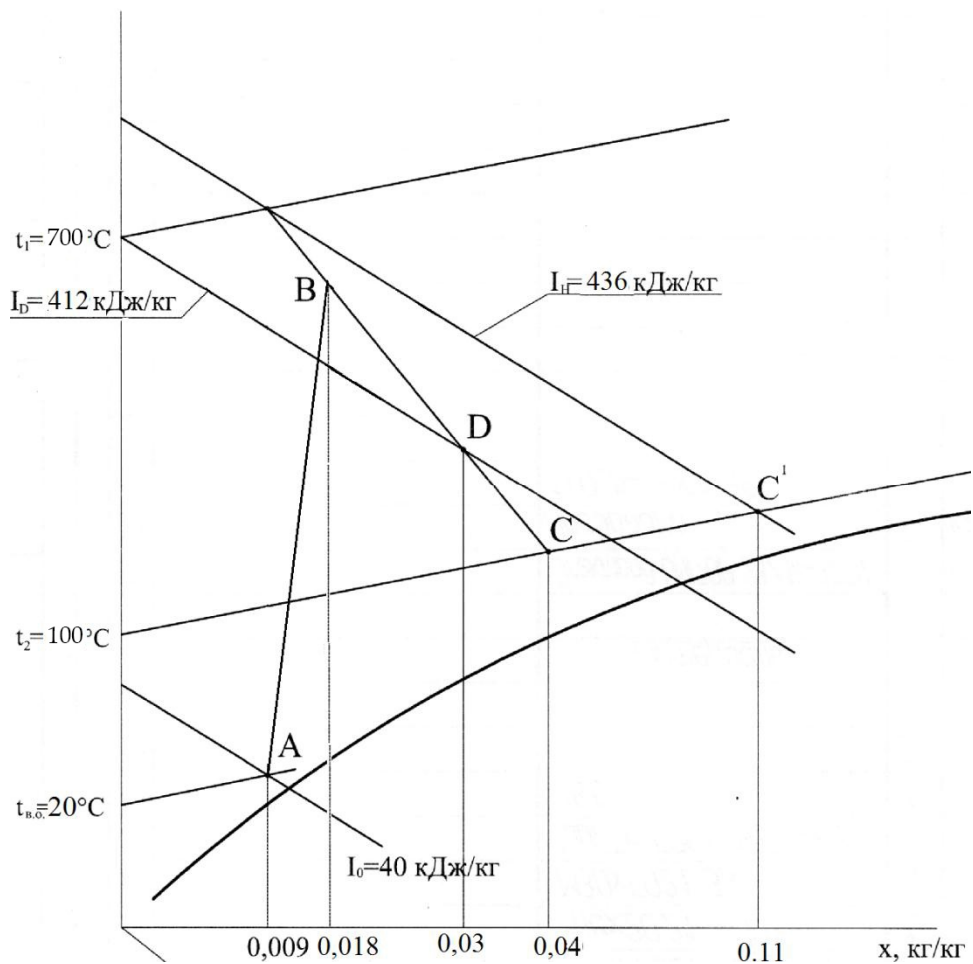
Оскільки коефіцієнт надлишку повітря  $\alpha$  великий, фізичні властивості газової суміші, яку використовують як сушильного агента, практично не відрізняються від фізичних властивостей повітря. Це дає можливість використовувати в розрахунках діаграму стану вологого повітря І - х.

За параметрами повітряної суміші на вході в сушарку ( $x_1 = 0,018$  кг / кг і  $t_1 = 700^\circ\text{C}$ ) визначаємо ентальпію суміші:

$$I_1 = 412 \text{ кДж / кг.}$$

Температура відпрацьованої повітряної суміші  $100^\circ\text{C}$

Тоді температура повітряної суміші на виході з сушарки по І - х діаграмі:



Малюнок 2.4 - Схема реального процесу сушіння

$t_2=100^{\circ}\text{C}$ ;  $I_2=412\text{кДж / кг}$ ;  $x_2 = 0,11 \text{ кг / кг}$ .

Витрата тепла:

тепло на випаровування вологи (кВт)

$$Q_{\text{исп}} = W \cdot r \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{исп}} = 0,078 \cdot 2391 = 386,5$$

де  $r = 2391 \text{ кДж / кг}$  - питома теплота випаровування при середній температурі матеріалу

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Лист

29

$$t_{cp} = \frac{t_{нм} + t_{км}}{2} = \frac{20 + 70}{2} = 45 \text{ } ^\circ\text{C};$$

тепло на нагрівання вологи

$$Q_{нагр} = W \cdot c_{п} \cdot (t_2' - t_{нм}) \quad (2.14)$$

$$Q_{нагр} = 0,078 \cdot 1,89 \cdot (100 - 20) = 10,3 \text{ кВт},$$

де  $c_{п} = 1,89 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$  - питома теплоємність пару;

тепло на нагрівання матеріалу

$$Q_{м} = G_{к} \cdot c_{м} \cdot (t_{км} - t_{нм}) \quad (2.15)$$

$$Q_{м} = 3 \cdot 0,835 \cdot (70 - 20) = 78,9 \text{ кВт},$$

де  $c_{м} = 0,835 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$  - питома теплоємність матеріалу.

Загальний витрата тепла з урахуванням втрат (кВт)

$$Q = 1,09 \cdot (Q_{исп} + Q_{нагр} + Q_{м}) = 1,09 \cdot (386,5 + 10,3 + 78,9) = 500,5$$

Питома витрата тепла (кВт/кг)

$$q = \frac{Q}{W} \quad (2.16)$$

$$q = \frac{500,5}{0,078} = 3853$$

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

Витрата сушильних газів

$$L = \frac{Q}{c_r \cdot (t_1 - t_2)} \quad (2.17)$$

$$L = \frac{500,5}{1,05 \cdot (700 - 100)} = 2,2 \text{ кг / с.}$$

Питома витрата газів (кг/кг)

$$\ell = \frac{L}{W} \quad (2.18)$$

$$\ell = \frac{2,2}{0,078} = 28,2$$

Об'ємна витрата сушильного агента на вході в сушарку: при  $t_1 = 700 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $x_1 = 0,018 \text{ кг / кг}$

$$V_{t1} = L_1 (1 + x_1) / \rho_{t1} = 0,426 (1 + 0,018) / 0,499 = 0,879 \text{ м}^3/\text{с}$$

Об'ємна витрата сушильного агента на виході з сушарки: при  $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $x_2 = 0,11 \text{ кг / кг}$

$$V_{t2} = L_2 (1 + x_2) / \rho_{t2} = 0,447 (1 + 0,11) / 0,887 = 0,559 \text{ м}^3/\text{с} = 0,56 \text{ м}^3/\text{с}$$

Середня об'ємна витрата

$$V_{cp} = \frac{V_{t1} + V_{t2}}{2} = \frac{0,879 + 0,56}{2} = 0,72 \text{ м}^3/\text{с}$$

Фізичні параметри сушильних газів:

щільність [2, 1.5]

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		31

$$\rho_r = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_2} \quad (2.19)$$

$$\rho_2 = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 100} = 0,972 \text{ кг / м}^3;$$

в'язкість (1, с. 823)

$$\mu_r = 0,0218 \cdot 10^{-3} \text{ па} \cdot \text{с.}$$

Величина критерію Архімеда

$$Ar = \frac{d_{cp}^3 \cdot \rho_m \cdot g \cdot \rho_r}{\mu_r^2}, \quad (2.20)$$

$$Ar = \frac{(2,5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 2000 \cdot 9,81 \cdot 0,972}{(0,0218 \cdot 10^{-3})^2} = 24,6 \cdot 10^3,$$

де  $\rho_m = 2000 \text{ кг / м}^3$  - щільність піску

Критерій Рейнольдса для умов витання:

$$Re_y = \frac{Ar_{min}}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{Ar_{min}}},$$

$$Re_{vit.} = 24,6 \cdot 10^6 (18 + 0,61 \cdot (9,2 \cdot 10^6)^{0,5}) = 8924$$

Швидкість витання кулястої частинки

$$(W_{vit.})_{куля} = Re_{vit.} \cdot M t_{cp} / d_{ч} \cdot \rho t_{cp} \quad (2.21)$$

$$(W_{vit.})_{куля} = 8924 \cdot 26,48 \cdot 10^{-6} / 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,693 = 15,96 \text{ м/с}$$

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		32



Швидкість витання реальної частки піску:

$$w_{\text{віт}} = (w_{\text{віт}})_{\text{куля}} \cdot \phi^{0,5} = 15,96 \cdot 0,586^{0,5} = 12,21 \text{ м/с} \quad (2.22)$$

Фактична швидкість сушильного агента в сушарці:

$$W_{\text{ср}} = \kappa \cdot w_{\text{віт}} = 1,2 \cdot 12,21 = 14,65 \text{ м/с} \quad (2.23)$$

$\kappa = 1,2 \pm 5,0$ ; приймаємо до = 1,2.

## 2.6. Конструктивні розрахунки

Діаметр труби-сушарки:

$$D = [V_{\text{тср}} / 0,785 \cdot W_{\text{ср}}]^{0,5} = [0,75 / 0,785 \cdot 14,65]^{0,5} = 0,285 \text{ м} \quad (2.24)$$

Приймаємо трубу сушарку найменшого діаметру,  $D = 600 \text{ мм}$ . Тоді дійсна швидкість сушильного агента в сушарці буде дорівнює

$$w_2 = V_{\text{тср}} / (0,785 \cdot D_2)^2 = 0,75 / (0,785 \cdot 0,6)^2 = 3,38 \text{ м / с} \quad (2.25)$$

Розрахунок довжини труби-сушарки

Концентрація піску в сушильній агента:

$$\check{Y} = (G_1 + G_2) / (L_1 + L_2) (1 + x_{\text{ср}}) = (0,33 + 0,296) / (0,426 + 0,447) (1 + 0,07) = 0,67 \text{ кг / кг} \quad (2.26)$$

Критерій Рейнольдса  $Re_{\text{віт}}$  по швидкості газу:  $w_2 = 14,65 \text{ м / с}$

$$Re_{\text{віт}} = W_2 \cdot d_{\text{ч}} \cdot \rho_{\text{тср}} / \mu_{\text{тср}} = 3,38 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,693 / 26,48 \cdot 10^{-6} = 3378 \quad (2.27)$$

Залежно від значення  $Re_{\text{віт}}$ . Критерій Нуссельта ( $Nu$ ) визначають за формулами (17-20) [4].

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		33

За досвідченими даними для деревних частинок критерій Nu розраховують за формулою:

$$Nu = 0,62 Re_{\text{віт.}}^{0,5} = 0,62 \cdot 3378^{0,5} = 36 \quad (2.28)$$

Об'ємний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_y = 6 Nu \cdot \lambda_{\text{т ср}} \cdot \tilde{Y} \cdot \rho_{\text{т ср}} / d_{\text{ч}}^2 \cdot \rho_{\text{ср}} = 6 \cdot 36 \cdot 0,426 \cdot 0,67 \cdot 0,693 / (2,5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 600 = 530 \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{К})$$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = [(t_1 - \theta_1) - (t_2 - \theta_2)] / \ln (t_1 - \theta_1) / (t_2 - \theta_2) = [(700 - 20) - (100 - 70)] / \ln (700 - 20) / (100 - 70) = 133^{\circ}\text{C} \quad (2.29)$$

Об'єм труби сушарки:

$$V_c = Q / \Delta t_{\text{ср}} \cdot \alpha_y = 500,5 \cdot 103 / 285 \cdot 530 = 1,6 \text{ м}^3 \quad (2.30)$$

Довжина зони сушки:

$$L_c = V_c / 0,785 \cdot D^2 = 1,6 / 0,785 \cdot 0,6^2 = 12 \text{ м} \quad (2.31)$$

Довжину труби від місця введення сушильного агента до місця введення вологого піску приймаємо  $l_m = 2 \text{ м}$ .

Довжина ділянки розгону:

$$l_p = 0,5 \cdot w_2 \cdot D = 0,5 \cdot 6,3 \cdot 0,6 = 2 \text{ м} \quad (2.32)$$

Загальна довжина труби-сушарки:

$$l = l_c + l_m + 2 l_p = 12 + 2 + 2 = 16 \text{ м. Приймаємо } l = 16 \text{ м.}$$

						Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Отже, пневматична труба-сушарка має  $D = 600$  мм і довжину  $l = 15$  м.

## 2.7. Гідрравлічний опір труби-сушарки

Втрати тиску при русі чистого сушильного агента на тертя і місцеві опори:

$$\Delta P_{\Gamma} = 0,5 \cdot w_2^2 \cdot \rho \cdot t_{cp} (1 + \lambda_{\Gamma} L / D + \Sigma E_{mc}) = 0,5 \cdot 14,65^2 \cdot 0,693 (1 + 0,0414 \cdot 30 / 0,6 + 2) = 327 \text{ Па} \quad (2.33)$$

Де  $\lambda_{\Gamma}$  - коефіцієнт опору тертя, при  $Re_{\text{віт.}} > 2300$ ,  $\lambda_{\Gamma} = 0,316 / 33780,25 = 0,0414$  [1]

Місцеві опору труби-сушарки приймаємо за таблицями 12,13 [5]:

Вхід в трубу  $\zeta_{\text{вх}} = 1,0$  - 1 шт.

Вихід з труби  $\zeta_{\text{вих}} = 1,0$  - 1 шт.

$$\Sigma \zeta_{\text{м.с.}} = 1 \zeta_{\text{вх}} + 1 \zeta_{\text{вих}} = 2$$

Втрати на тертя при русі матеріалу (стружки):

$$\Delta P_{\text{м}} = 0,5 \cdot \lambda_{\text{м}} \cdot L / D \cdot w_2^2 \cdot \rho \cdot t_{cp} = 0,5 \cdot 0,02 \cdot 0,67 (15 / 0,6) 14,65^2 \cdot 0,693 = 65 \text{ Па} \quad (2.34)$$

Де  $\lambda_{\text{м}}$  - коефіцієнт тертя;  $\lambda_{\text{м}} = 0,01 - 0,03$ : приймаємо  $\lambda_{\text{м}} = 0,02$ .

Втрати тиску на підтримку піску в підвішеному стані:

$$\Delta P_{\text{под}} = 1 \cdot \rho \cdot t_{cp} q \cdot \tilde{Y} = 15 \cdot 0,693 \cdot 9,81 \cdot 0,67 = 150 \text{ Па} \quad (2.35)$$

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		35

Втрати тиску на розгін матеріалу до швидкості його руху:

$$\Delta P_p = 0,5 \cdot \zeta_p \cdot \tilde{Y} \cdot w_2^2 \cdot \rho_{\text{тср}} = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,67 \cdot 14,65^2 \cdot 0,693 = 42 \text{ Па}$$

Де  $\zeta_p$  - коефіцієнт опору розгону матеріалу,  $\zeta_p = 1 - 2$ , приймаємо  $\zeta_p = 1,5$ .

Загальна гідравлічний опір труби-сушарки:

$$\Delta P_c = \Delta P_{\Gamma} + \Delta P_M + \Delta P_{\text{под}} + \Delta P_p = 327 + 65 + 150 + 42 = 584 \text{ Па (2.36)}$$

## 2.8. Розрахунок допоміжного обладнання

У сушильній трубі відбувається часткове стирання матеріалу. Найбільш дрібні частинки виносяться з труби потоком повітря. Для уловлювання таких часток використовують циклони. Найчастіше для цієї мети використовуються циклони НИИОГАЗ. Циклони НИИОГАЗ є найбільш поширеними апаратами для пиловловлювання і працюють в системах газоочистки, що знаходяться під атмосферним і близьким до нього тиском.

Об'ємна витрата вологих газів на вході і виході з труби:

$$V = \frac{L}{\rho_v} \quad (2.37)$$

$$V = \frac{1.41}{0.887} = 1.59 \text{ м}^3/\text{с};$$

найменший діаметр вловлюються частинок:  $d_{\text{min}} = 0,4 \text{ мм};$

швидкість газової суміші:

при вході в циклон:  $\omega_{\text{вх}} = 20 \text{ м / с};$

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		36

в циклоні:  $\omega_{\text{ц}} = 12 \text{ м / с}$ ;

у вихлопній трубі:  $\omega_{\text{тр}} = 6 \text{ м / с}$ .

Площа перетину вхідного патрубка:

$$S = b \cdot h = \frac{V}{\omega_{\text{вх}}} \quad (2.38)$$

$$S = \frac{1.41}{20} = 0,07 \text{ м}^2$$

Для циклонів типу ОТІ рекомендується  $h = 4 b$ , тоді сторони перетину повітровода:

$$b = 0,5\sqrt{S} = 0,5\sqrt{0,07} = 0,132 \text{ м};$$

$$h = 4b = 4 \cdot 0,132 = 0,528 \text{ м}.$$

Орієнтовне значення діаметра циклону:

$$D \gg 5,9b = 5,9 \cdot 0,132 = 0,78 \text{ м},$$

приймаємо  $D = 800 \text{ мм}$ .

Визначаємо швидкість осадження частинок:

$$\omega_0 = \frac{d^2 \cdot \rho_m \cdot g}{18 \cdot \mu_r} \quad (2.39)$$

$$\omega_0 = \frac{(0,4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2000 \cdot 9,81}{18 \cdot 0,0218 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \text{ м/с}$$

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		37

Внутрішній діаметр вихлопної труби:

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V}{\omega_T}} \quad (2.40)$$

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{1,41}{2}} = 0,94 \text{ м.}$$

Зовнішній діаметр вихлопної труби:

$$d_{\text{н}} = d_{\text{вн}} + 2 \cdot \delta, \quad (2.41)$$

де  $\delta = 0,003$  м - прийнята товщина труби;

$$d_{\text{н}} = 0,94 + 2 \cdot 0,003 = 0,943 \text{ м.}$$

Діаметр циклону:

$$d_{\text{ц}} = \frac{d_{\text{н}}}{1 - 10 \cdot \frac{\omega_o}{\omega_{\text{ц}}}} \quad (2.42)$$

$$d_{\text{ц}} = \frac{0,943}{1 - 10 \cdot \frac{0,5}{12}} = 1,61 \text{ м,}$$

що близько до розрахованим раніше значень. Далі за основу розрахунку приймаємо  $D_{\text{ц}} = 1600$  мм.

Висота циліндричної частини циклона:

$$h_1 = \frac{2 \cdot V}{(d_{\text{ц}} - d_{\text{н}}) \cdot \omega_{\text{ц}}} \quad (2.43)$$

$$h_1 = \frac{2 \cdot 1,41}{(1,5 - 0,943) \cdot 12} = 0,42 \text{ м.}$$

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

приймаємо  $h_1 = 450$  мм.

Висота конусної частини циклону:

$$h_2 = 5,05 \cdot b \quad (2.44)$$

$$h_2 = 5,05 \cdot 132 = 668 \text{ м} = 668 \text{ мм.}$$

Гідравлічний опір розраховується циклону:

$$\Delta p_{\text{ц}} = \zeta_{\text{ц}} \cdot \frac{\omega_{\text{вх}}^2 \cdot \rho_{\text{г}}}{2} \quad (2.45)$$

де  $\zeta_{\text{ц}} = 6$  - коефіцієнт опору для циклону типу ОТІ;

$$\Delta p_{\text{ц}} = 6 \cdot \frac{20^2 \cdot 0,887}{2} = 1064 \text{ Па.}$$

Приймаємо циклон ОТІ ЦС-5

Продуктивність по повітрю  $\text{м}^3/\text{г}$  2800 - 4200

Опір,  $\text{кг}/\text{м}^2$  40 - 85

Витрата води, л / сек на зрошення стінок 0,23

Максимальні витрати води 1,33

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						39
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		

### 3. Проектно- конструкторська частина

#### 3.1. Розрахунок на міцність корпусу сушарки

Розрахунок на міцність і стійкість ведемо по ГОСТ 14249-89

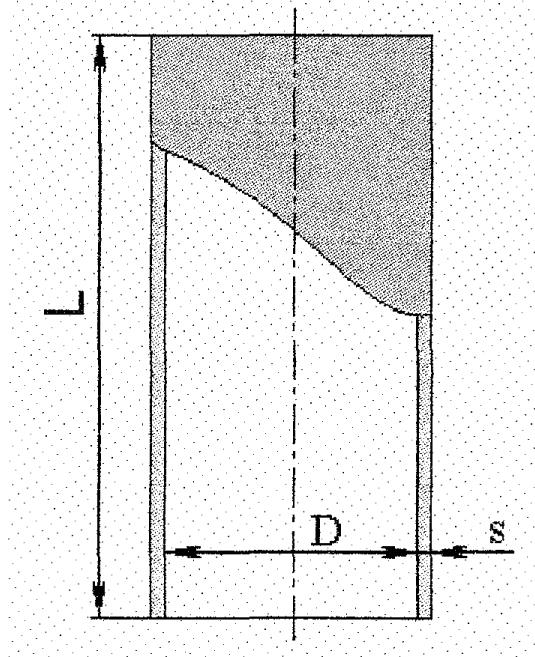


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема обичайки циліндричної

Вихідні дані

Матеріал обичайки: 16ГС

Внутр. діаметр більшої основи,  $D$ : 600 мм

Товщина стінки,  $s_1$ : 10 мм

Сума надбавок,  $s$ : 0 мм

Довжина обичайки,  $L$  15000 мм

Коефіцієнти міцності зварних швів:

Поздовжній шов:

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		40



$$\varphi_p = 1$$

о́кружний шов:

$$\varphi_T = 1$$

Розрахунок в робочих умов

Умови навантаження:

Розрахункова температура,  $T: 700\text{ }^{\circ}\text{C}$

Розрахункова внутрішній тиск,  $P: 0,1\text{ МПа}$

Результати розрахунку:

Допустимі напруги для матеріалу 16ГС при температурі  $t = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$   
(робочі умови):

$$[\Sigma] = 174\text{ МПа}$$

Модуль поздовжньої пружності для матеріалу 16ГС при температурі  
 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$E = 2,0 \cdot 105\text{ МПа}$$

Розрахунок на міцність і стійкість виконуємо по ГОСТ 14249-89 для  
гладкої обичайки.

$$\text{Розрахункова } s_{kp} + c = \frac{p \cdot D_k}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c \quad (3.1)$$

$$s_{kp} + c = \frac{0,1 \cdot 600}{2 \cdot 174 \cdot 1 - 0,1} = 0,18\text{ мм}$$

Приймаємо виконавчу товщину обичайки 10 мм. Тоді максимальне  
допустиме тиск для обичайки дорівнюватиме:

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		41

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (s_k - c)}{D_k + (s_k - c)} \quad (3.2)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 174 \cdot 1 \cdot (10 - 0)}{600 + (10 - 0)} = 6 \text{ МПа}$$

$$6 \text{ МПа} > 0,1 \text{ МПа}$$

Висновок: умова міцності виконано.

$$d_0 = 2 \cdot \left( \frac{s - c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} \quad (3.3)$$

$$d_0 = 2 \cdot \left( \frac{10 - 0}{0,18} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{600 \cdot (10 - 0)} = 1238 \text{ мм}$$

$$\text{Мінімальна } b_0 = 2 \cdot \sqrt{D \cdot (s - c)}, \quad (3.4)$$

$$b_0 = 2 \cdot \sqrt{600 \cdot (10 - 0)} = 152,8 \text{ мм}$$

#### 4.2. Вибір і розрахунок опори

Розрахунок на міцність обичайок від впливу опорних навантажень ведемо по ГОСТ 26202-84.

Вихідні дані:

Елемент, пов'язаний з опорою: конічний

Тип опори: Тип А

Внутрішній діаметр обичайки, D: 600 мм

Товщина стінки обичайки, s: 10 мм

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Надбавка для компенсації корозії та ерозії,  $c_1$ : 0 мм

Число опор: дві

Відстань від краю елемента,  $l_0$ : 252 мм

Ширина основної плити,  $b_4$ : 100 мм

Висота опорної лапи,  $h_1$ : 355 мм

Відстань між середніми лініями ребер,  $g$ : 170 мм

Товщина стінки лапи,  $s_1$ : 5 мм

Довжина опорної лапи,  $l_1$ : 202 мм

Відстань між точкою докладання зусиль і обичайкою  
або підкладним листом,  $e_1$ : 162 мм

Кут розташування опор,  $\Theta$ : 45 градус

Ширина підкладного листа,  $b_2$ : 190 мм

Довжина підкладного листа,  $b_3$ : 280 мм

Товщина підкладного листа,  $s_2$ : 3 мм

Коефіцієнти міцності зварних швів:  $\varphi_p = 1$ .

Умови навантаження:

Розрахункова температура,  $T$ : 700<sup>0</sup>С

Розрахункова внутрішній тиск,  $p$ : 0,1 МПа

Розрахунковий вигинає момент,  $M$ : 0 Нм

Розрахункова зовнішнє осьове зусилля,  $F$ : 0 Н

Приймаємо масу апарату рівній  $M_a = 2000$  кг, а масу матеріалу, що знаходиться в апараті  $M_m = 200$  кг.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		43

Тоді загальна вага складе:

$$G = (M_a + M_m) \cdot g = (2000 + 200) \cdot 9,81 = 21585 \text{ Н.}$$

Дія моменту допускається тільки в площині опорних лап.

Зусилля, що діє на опорну лапу:

$$F_1 = \frac{G + F}{2} + \frac{M}{D_K + 2 \cdot (e_1 + s + s_2)} \quad (3.5)$$

$$F_1 = \frac{21585 + 0}{2} = 10792 \text{ Н}$$

Меридіональні напруги в обичайці в місці дії навантаження від опори

$$\bar{\sigma}_m = \frac{p \cdot D_R}{2 \cdot (s - c)} \quad (3.6)$$

$$\bar{\sigma}_m = \frac{0,1 \cdot 600}{2 \cdot (10 - 0)} = 30 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт  $K_1$ :

$$K_1 = \left( \frac{1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{3 \cdot \vartheta_1^2} \right) \cdot \left( \pm \sqrt{\frac{9 \cdot \vartheta_1^2 \cdot (1 - \vartheta_1^2)}{(1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2)^2}} + 1 - 1 \right) K_1 \geq 0 \quad (3.7)$$

де  $\theta_1$  - коефіцієнт, для даного типу опори  $\theta_1 = 0,4$ ;

$\theta_2$  - коефіцієнт визначається за формулою:

$$\vartheta_2 = K_2 \cdot \frac{\bar{\sigma}_m}{n_T \cdot [\sigma] \cdot \varphi} \quad (3.8)$$

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

де  $n_T$  - коефіцієнт запасу міцності,  $n_T = 1,5$ ;

$K_2$  - коефіцієнт визначає умови розрахунку, для робочих умов  $K_2 = 1,2$ .

$$g_2 = 1,2 \cdot \frac{30}{1,5 \cdot 174 \cdot 1} = 0,177$$

Тоді коефіцієнт  $K_1$  буде дорівнює

$$K_1 = \left( \frac{1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,157}{3 \cdot 0,4^2} \right) \cdot \left( \pm \sqrt{\frac{9 \cdot 0,4^2 \cdot (1 - 0,177^2)}{(1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,177)^2}} + 1 - 1 \right) = 0,997$$

Примітка: відповідно до п. 1.2.3 ГОСТ 26202-84 при  $g_2 < 0$  в розрахунку  $K_1$  знаки  $g_1$  і  $g_2$  змінюють на протилежні

Максимальне напруження вигину

$$[\sigma_1] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} \quad (3.9)$$

$$[\sigma_1] = 0,997 \cdot 174 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 216,8 \text{ МПа}$$

Для визначення несучої здатності обичайки обчислимо такі допоміжні величини

$$x = \ln \left( \frac{D_R}{2 \cdot (s - c)} \right) \quad (3.10)$$

$$x = \ln \left( \frac{600}{2 \cdot (10 - 0)} \right) = 5,84$$

					XI.C.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		45

$$y_1 = \ln \frac{b_3}{D_R} \quad (3.11)$$

$$y_1 = \ln \frac{480}{600} = -1,05$$

$$\begin{aligned} Inv = & (-49,919 - 39,119 \cdot x - 107,01 \cdot y_1 - 1,693 \cdot x^2 - 11,920 \cdot x \cdot y_1 \\ & - 39,276 \cdot y_1^2 + 0,273 \cdot x^3 + 1,608 \cdot x^2 \cdot y_1 + 2,761 \cdot x \cdot y_1^2 - 3,854 \cdot y_1^3) \cdot 10^{-2} \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} Inv = & (-49919 - 39119 \cdot 5,84 - 10701 \cdot (-1,05) - 1,693 \cdot 5,84^2 - 11920 \cdot 5,84 \cdot (-1,05) \\ & - 39276 \cdot (-1,05)^2 + 0,273 \cdot 5,84^3 + 1,608 \cdot 5,84^2 \cdot (-1,05) + 2,761 \cdot 5,84 \cdot (-1,05)^2 - 3,854 \cdot (-1,05)^3) \cdot 10^{-2} = -1,77 \end{aligned}$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D_R} \quad (3.13)$$

$$y_1 = \ln \frac{355}{600} = -1,35$$

$$\begin{aligned} Inv = & (-49,919 - 39,119 \cdot x - 107,01 \cdot y - 1,693 \cdot x^2 - 11,920 \cdot x \cdot y \\ & - 39,276 \cdot y^2 + 0,273 \cdot x^3 + 1,608 \cdot x^2 \cdot y + 2,761 \cdot x \cdot y^2 - 3,854 \cdot y^3) \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Inv = & (-5,84 - 11395 \cdot 5,84 - 18984 \cdot (-1,35) - 2,413 \cdot 5,84^2 - 7,286 \cdot 5,84 \cdot (-1,35) \\ & - 2,042 \cdot (-1,35)^2 + 0,1322 \cdot 5,84^3 + 0,4833 \cdot 5,84^2 \cdot (-1,35) + 0,8469 \cdot 5,84 \cdot (-1,35)^2 + 1,428 \cdot (-1,35)^3) \cdot 10^{-2} = -0,625 \end{aligned}$$

Коефіцієнт  $K_8$ :

$$K_8 = \min \{v, z\} = \min \{e^{(-1,76)}, e^{(-0,63)}\} = \min \{0,171, 0,532\} = 0,171$$

Допустиме осьове зусилля в місці приварювання опорної лапи

(При  $b_2 / b_3 = 0,6$ ):

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot b_3 \cdot (s - c)^2}{K_8 \cdot (e_1 + e_2)} \quad (3.14)$$

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

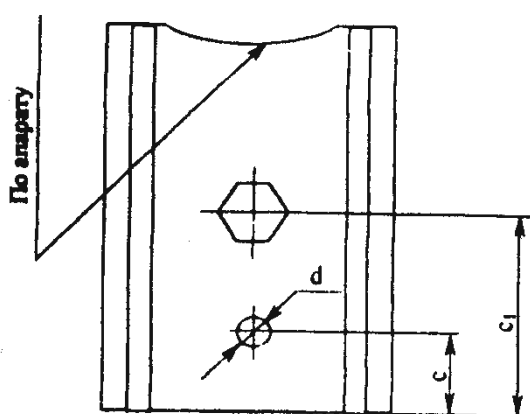
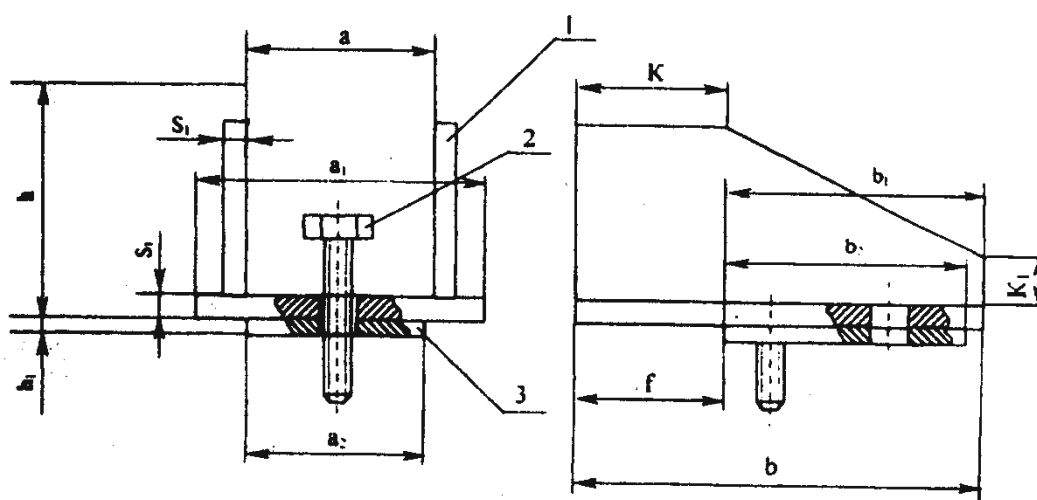
$$[F_1] = \frac{216,8 \cdot 480 \cdot (10 - 0)^2}{0,171 \cdot (162 + 3)} = 14753 H$$

Несуча здатність обичайки в місці приварювання опорної лапи визначається виконанням умови:

$$F_1 \geq [F]_1$$

$$F_1 = 4250 H \leq [F]_1 = 14753 H$$

Висновок: Умова міцності і стійкості виконано.



1 - ребро, 2 - болт, 3 - подошва

Рисунок 3.2 - Опора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

XI.C.00.00.00.00.ПЗ

Лист

47





безпеки і ін. З усіх цих питань відпадає необхідність проходження сертифікаційних випробувань і погодження з контролюючими органами. Таким чином, все, що пов'язано з безпекою і якістю продукції, бере на себе постачальник блочно-модульного обладнання.

Ще однією важливою перевагою модульних конструкцій є їх виробництво за межами будівельного майданчика, безпосередньо на заводі-виробнику. Тут процес виготовлення і цехових випробувань блочно-модульного обладнання повністю оптимізований і найбільш ефективний за витратами часу, якості, спеціалізації та кваліфікації інженерного персоналу [13].

#### **4.2.Ремонт обладнання [14]**

Технічне обслуговування - це комплексна робота, спрямована на підтримку працездатності та справності обладнання при його зберіганні, використанні та транспортуванні.

Найпоширеніші періодичне і регламентоване технічне обслуговування. Періодичне технічне обслуговування - це обслуговування, яке проводиться через встановлені в експлуатаційній документації значення напрацювання або інтервали часу.

Регламентоване технічне обслуговування - обслуговування, передбачене в нормативно - технічній документації та виконується з періодичністю і в обов'язку встановленому в ній незалежно від технічного стану обладнання в момент початку технічного обслуговування.

Ремонт - це комплекс робіт по відновленню справного стану, працездатності і ресурсу обладнання.

Види ремонтів: капітальний, поточний.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		49

Поточний ремонт - комплекс робіт, спрямованих на відновлення працездатності обладнання шляхом заміни або відновлення окремих його частин.

Капітальний ремонт - виконується для відновлення справності та повного (або близького до повного) відновлення ресурсу обладнання з заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові.

Перелік робіт при поточному ремонті: очищення внутрішньої поверхні сушарки, замірювання товщини стінок корпусу, штуцерів. Випробування на міцність і щільність.

Тріщини корпусу апарата можна відремонтувати зварюванням.

Оглянувши тріщину (із застосуванням лупи), встановлюють її розміри. Поверхня корпусу в зоні тріщини ретельно зачищають з внутрішньої і зовнішньої сторін. На кінцях тріщини просвердлюють отвори для запобігання її поширення в довжину. Після свердлування тріщину обробляють під зварювання за допомогою пневмомолотка і зубила або спеціального газового різачка. Наскрізні тріщини обробляють односторонньою вирубкою крайок на максимальну глибину під кутом 50-60<sup>0</sup>. Наскрізні тріщини або непрямі глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину. При товщині стінки корпусу апарату до 15 мм зварювання ведеться V - подібним швом, при більшій товщині стінки - X - подібним швом.

Наскрізні тріщини при значному розходженні країв, а також ділянки значного зносу, що утворилися в результаті корозії і ерозії, вирізають і на їх місце встановлюють латки. Необхідно, щоб розмір латки був більше розміру пошкодженої ділянки на 100 - 160 мм. Метал, з якого вирізають латку, підбирають тієї ж марки і товщини, що і стінка апарату. При вальцюванні

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

*XI.C.00.00.00.00.ПЗ*

латки радіус її повинен бути на 10% менше від необхідного, так як під час зварювання вона розпрямляється. Радіус вальцювання перевіряють за допомогою шаблону.

У прямокутної латки кути заокруглені (радіус заокруглення не менше 50 мм).

Латки зварюють тільки в стик.

При товщині латок менше 20 мм їх можна виготовляти опуклими. При експлуатації апарату на внутрішній поверхні трубок утворюються тверді відкладення. Під час чищення механічним способом тверді відкладення видаляють скребками або свердлом, яке закріплене на кінці валу. Вал приводять в обертання за допомогою пневмодвигуна або електродвигуна через редуктор. Одночасно з механічною чисткою трубок через порожнистий вал подають пар або воду, які забирають відкладення.

Для відновлення початкових розмірів опори і якості її поверхні застосовують наплавку. Механізовану і автоматизовану наплавку виробляють під шаром флюсу товщиною 30 - 50 мм. Флюс запобігає розбризкуванню й окислюванню розплавленого металу. Кірку шламу, що утворилася від розплавленого флюсу, відбивають ударами молотка, флюс, який не розплавився використовують вдруге [14].

					XI.C.00.00.00.00.IIЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		51

## 5. Автоматика та автоматизація технологічного процесу [15]

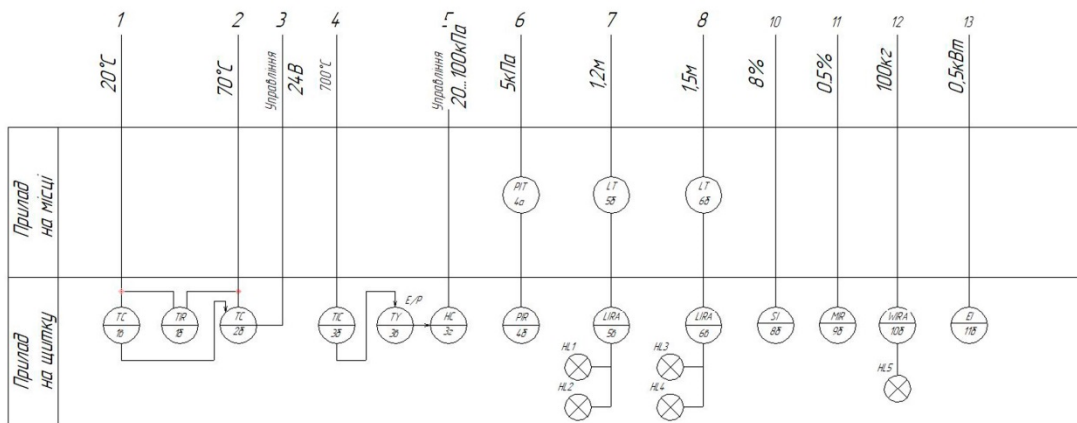
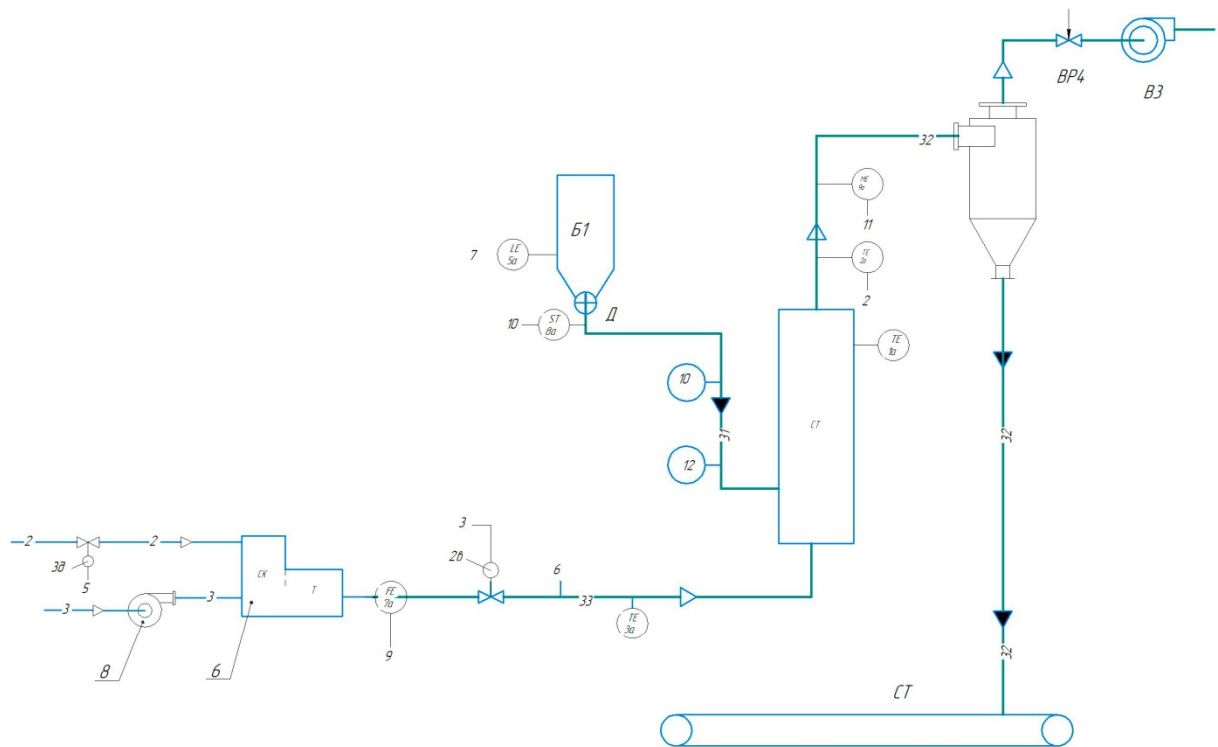


Рисунок 5.1 схема автоматизації труби-сушарки [16]

Тут застосовується труба-сушарка, забезпечена в нижній частині закидачем вологого хлориду калію. У закидач вологий хлорид калію дозується з допомогою живильника, розташованого під бункером.

Гарячі гази, підготовлені в топці, надходять в трубу за допомогою газоходу зі швидкістю, яка забезпечує підняття в ній найбільшого шматка вугілля, що міститься в матеріалі.

Уловлювання основної маси сухого **хлориду** калію здійснюється за допомогою розвантажувальної камери або циклона, тонкі фракції хлориду калію виділяються на батарейному циклоні, остаточне очищення газів проводиться в мокрому пиловловлювачі, куди гази подаються димососом.

Зауважимо, що **димосос** забезпечує рух теплоносія від зони горіння в топці до викиду очищеного газу в атмосферу. При цьому він забезпечує необхідне розрідження у всіх апаратах сушильного відділення і транспортування хлориду калію в трубі-сушарці.

У схемі автоматизації прийняті регульовані і контрольовані параметри, подібні до автоматизації барабанної установки. Продуктивність димососа регулюється системою, яка належить до топкового агрегату [15].

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		53

## 6. Охорона праці та довкілля

### 6.1 Небезпека ураження людини в існуючих електричних мережах [17, 18]

Коли людина торкається двох точок електричної частини електроустановки, між якими є напруга утворюється замкнуте електричне коло і через тіло людини проходить струм. Величина струму залежить від схеми дотику людини, напруги кола, схеми електричного кола, режиму нейтралі електричного кола, опору тіла людини, якості ізолювання струмоведучих частин від землі, ємності струмоведучих частин відносно землі тощо.

В промисловості, здебільшого, використовуються трьохфазні мережі (трипровідні) з ізолюваною нейтраллю та чотирипровідні з глухо заземленою нейтраллю.

Нейтраль- це точка, напруга якої відносно всіх зовнішніх виводів обмотки однакова за абсолютним значенням. Мережі з ізолюваною нейтраллю використовуються в тих випадках, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції дротів, а ємність мережі відносно землі незначна. До них відносяться малорозгалужені мережі, що не підлягають впливу агресивного середовища та знаходяться під постійним контролем. Мережу із заземленою нейтраллю застосовують там, де неможливо забезпечити якісну ізоляцію дротів (через вологість, агресивне середовище та інше), коли не можна швидко знайти чи усунути пошкодження ізоляції чи коли ємнісні струми електричного кола через значну розгалуженість мережі досягають великих значень, небезпечних для людини.

Найбільш небезпечним для людини є двофазний (двополюсний) дотик до електричного кола, тому що в такому випадку людина опиняється під

										Лист
										54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						

лінійною напругою мережі. На рис.6.1 наведено дотик до двох полюсів електричного кола постійного струму чи однофазного кола і дотик до двох фаз трифазного електричного кола.

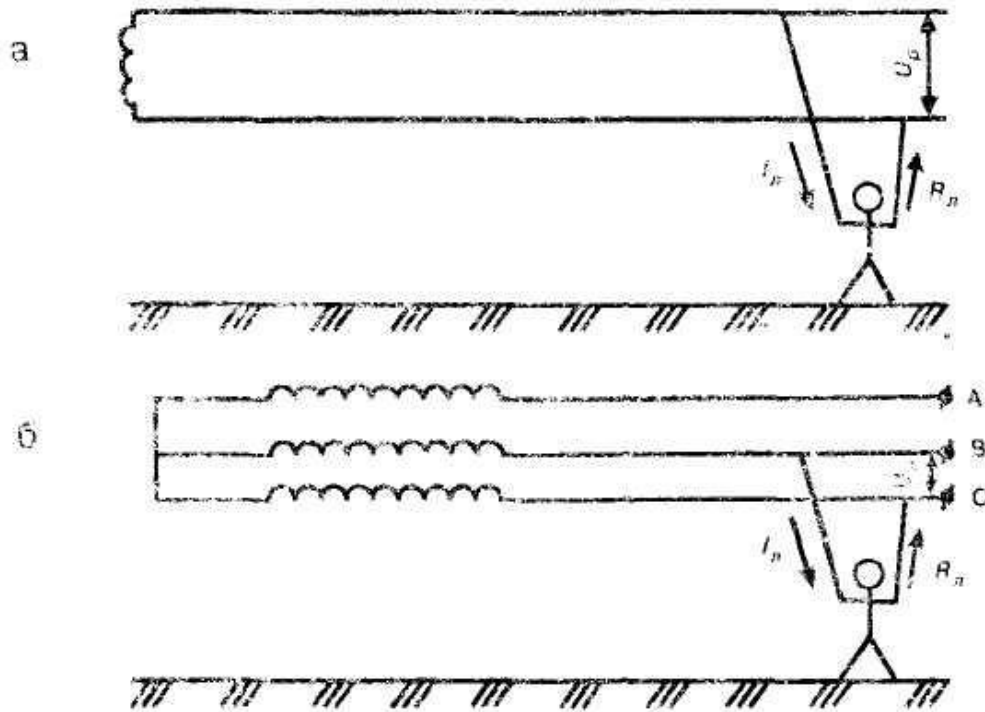


Рис. 6.1. Двофазний (двополюсний) дотик до струмоведучих дротів:

- а) а мережі постійного струму чи однофазного кола;
- б) у трифазній мережі

При цьому людина опиняється під робочою напругою мережі і струм, який проходить крізь неї, обчислюється, А:

в мережі постійного струму чи однофазному електричному колі:

$$I_{л} = \frac{U_p}{R_{л}}, \quad (6.1)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

де  $U_P$ - робоча напруга мережі, В; $R_{л}$ - опір людини; у трифазному електричному колі:

$$I_{л} = \frac{U_{лн}}{R_{лн}} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{R_{л}}, \quad (6.2)$$

де  $U_{лн}$  - лінійна напруга, В; $U_{\phi}$ - фазна напруга, В.

У другому випадку значення струму, який проходить через людину, залежить від лінійної напруги мережі та опору людини. Статистика електротравм свідчить, що такі випадки бувають дуже рідко.

Найбільша кількість електротравм пов'язана з однофазним (однополюсним) дотиком людини до струмоведучих дротів, при цьому напруга, під якою опиняється людина, не перевищує фазної напруги. Якщо людина, яка стоїть на землі, торкається одного з полюсів або однієї з фаз електричного кола в мережі з ізолюваною нейтраллю то струм замикається через тіло людини, землю і далі через опір ізоляції і ємності фаз (рис. 6.2).

На цьому рисунку опір  $r_a, r_b, r_c$ , ємності  $C_a, C_b, C_c$ - розподілені в електричному колі параметри, які зумовлені активною провідністю ізоляції і ємністю фаз відносно землі.

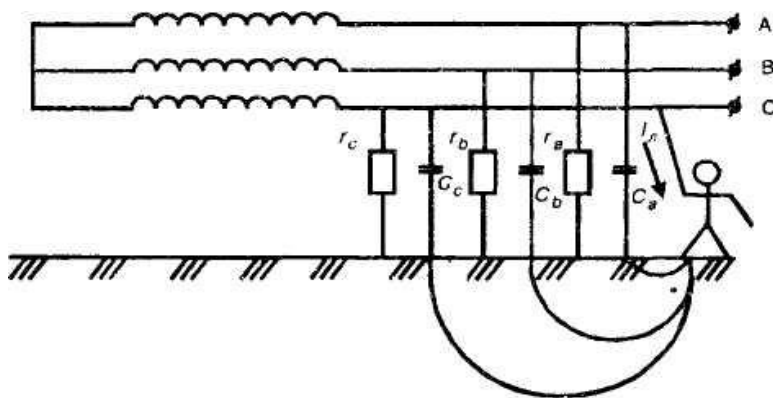


Рис. 6.2. Однофазний дотик до струмоведучих частин в мережі з ізолюваною нейтраллю

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат



В такій мережі напругою до 1000 В при умові її малої довжини, ємнісним опором ізоляції можна знехтувати, і тоді струм, що проходить крізь людину, дорівнює:

$$I_{л} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{л} = r_{із}} \quad (6.3)$$

де  $r_{із}$  - опір ізоляції фаз мережі відносно землі.

Мережа із заземленою нейтраллю (рис. 6.3) характеризується тим, що нейтральна точка джерела живлення з'єднана із землею через малий опір  $R_0$ :

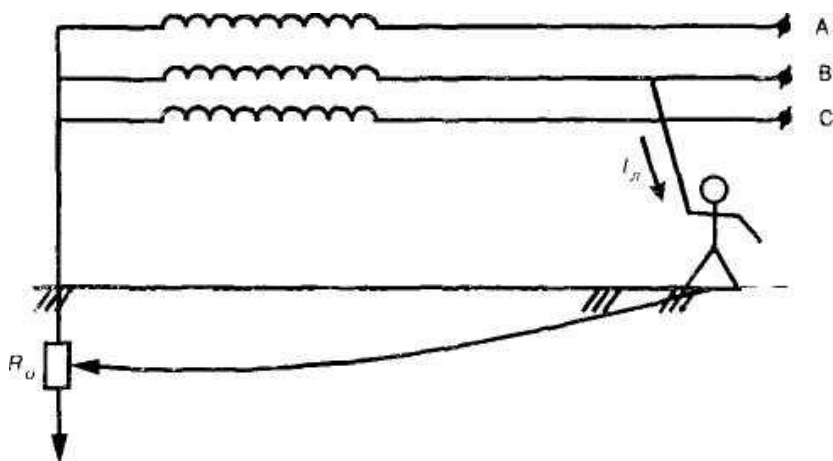


Рис. 6.3. Однофазний дотик до струмоведучих дротів мережі із заземленою нейтраллю

В мережі із заземленою нейтраллю струм проходить через людину в землю і далі через заземлення нейтралі - вмережу. Він практично не залежить від стану ізоляції і визначається за виразом, А:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л} + R_0} \quad (6.4)$$

Оскільки  $R_0$ - невелике, його можна не враховувати. Тоді

$$I_L = \frac{U_\phi}{R_L}, \quad (6.5)$$

Ми ознайомилися з нормальною роботою мережі. В аварійних режимах (замикання на корпус або замикання на землю) умови змінюються.

Наприклад, коли одна із фаз замкнена на землю через відносно малий активний опір  $r_3$ , величина струму, який проходить через тіло людини при однофазному включенні в мережу з ізольованою нейтраллю (рис. 6.4), буде дорівнювати, А:

$$I_L = \frac{U_{ЛН}}{R_L + r_3}, \quad (6.6)$$

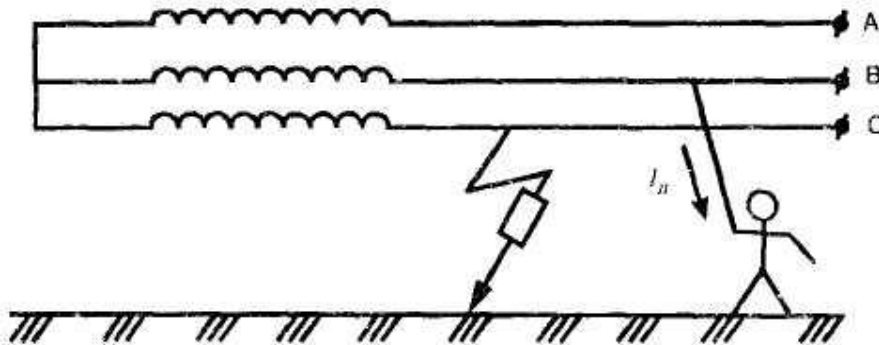


Рис. 6.4. Однофазне включення людини в мережу з ізольованою нейтраллю

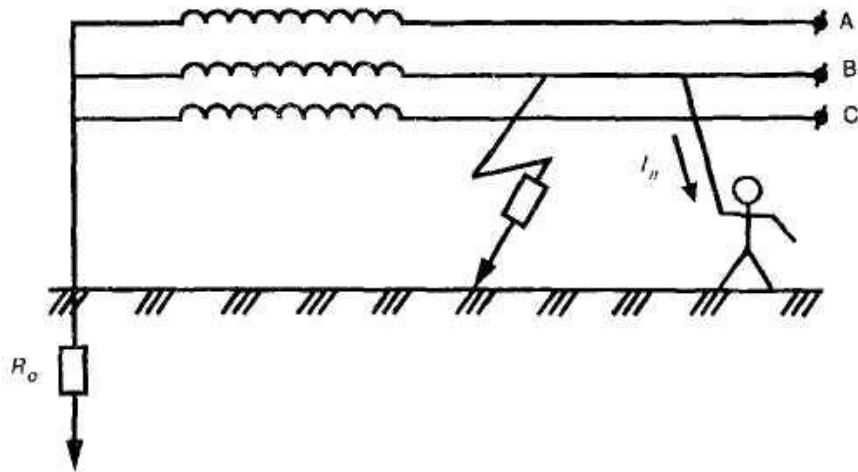


Рис. 6.5. Однофазне включення людини в мережу із заземленою нейтраллю

$$I_L = \frac{U_{ЛНН}}{R_L}, \quad (6.7)$$

де  $U_{ЛНН}$  - напруга, під якою опиняється людина, що підключається до працюючого фазного проводу аварійної трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю (рис. 6.5). Як правило,  $U_{ЛНН} > U_P$ , так як фактичний опір завжди більше 0. Таким чином, включення людини в аварійну мережу небезпечніше, ніж в працюючу на нормальному режимі.

В мережах напругою понад 1000 В небезпека однофазного та двофазного дотику майже однакова. Кожен з цих дотиків дуже небезпечний.

Дія крокової напруги на людину. При замиканні дротів під струмом безпосередньо на землю чи на корпуси електрообладнання, які мають зв'язок із землею і струмопровідні основи, електричний струм розтікається від місця замикання рівномірно у всі напрямки напівсфери об'єму землі. По мірі віддалення від місця розтікання густина струму землі зменшується, так як збільшується об'єм землі, через який проходить струм. На відстані від місця замикання 20 м і більше густина струму стає настільки малою, що практично

приймається рівною 0. Такий саме характер має і розподіл потенціалів навколомісця замикання на землю (рис.6.6).

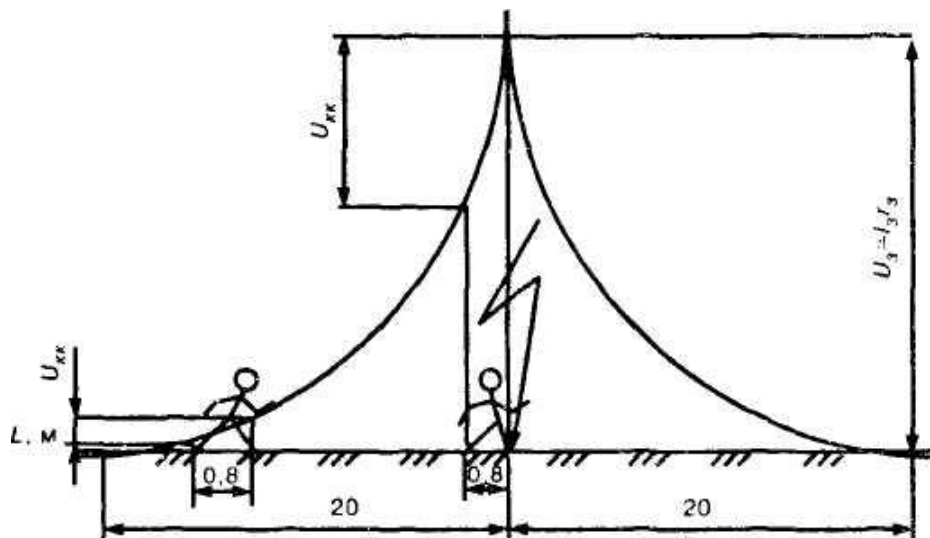


Рис. 6.6. Розподіл потенціалу на поверхні землі в зоні розтікання струму півсферичного заземлювача

Людина, яка стоїть ногами (у взутті, що проводить струм) в зоні розтікання струму на точках з різними потенціалами, знаходиться під впливом різниці потенціалів, іншими словами, під впливом крокової напруги опиняється включеною в електричне коло, внаслідок чого через людину проходить струм напрямком нога - нога.

Крокова напруга - це різниця потенціалів між двома точками в зоні розтікання струму, які знаходяться на відстані кроку, яка дорівнює 0,8 м.

Незважаючи на те, що шлях струму нога-нога відноситься до порівняно небезпечних, існує реальна загроза життю людини. Вона полягає в тому, що людина, яка перебуває під кроковою напругою, падає через судоми ніг і це призводить не тільки до збільшення діючої на неї напруги, але й до появи

струму, що проходить через один з найнебезпечніших шляхів: рука-нога. Величина крокової напруги залежить від ширини кроку та відстані до місця замкнення на землю.

При виявленні замикань на землю забороняється наближатися до них на відстань менше 4,0 м в закритих приміщеннях і ближче 3,0 м на відкритій місцевості. Наближення на меншу відстань припускається тільки з метою виконання робіт по усуненню замикання на землю та при необхідності надання допомоги потерпілим. В таких випадках слід користуватися засобами електрозахисту (діелектричними калошами, ботами, рукавицями та ін.),

У разі необхідності виходу із небезпечної зони чи входу в неї для надання допомоги слід віддалятися від місця замикання чи наближатися до нього стрибками на одній нозі, або на двох ногах, або дрібними кроками, які не більші за довжину ступні. Таким чином потенціал крокової напруги зменшується практично до 0.

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	XI.C.00.00.00.00.ПЗ				

## Висновки

У дипломній роботі була розроблена типова технологічна схема сушильної установки з використанням пневматичної труби - сушарки.

При проведенні технологічних розрахунків були визначені матеріальні потоки (кількість вологи, що видаляється, кількість сухого матеріалу, витрата топкових газів і тепла на сушку), основні розміри апарату (діаметр, висота робочої зони і т.д.), визначено гідравлічний опір апарату.

Розрахунками на міцність була доведена працездатність основних елементів корпусу, підібрані опори і проведена перевірка несучої здатності корпусу в місці приварювання опор.

Після виконання вище перерахованих пунктів, можна зробити висновок, що проєктований апарат міцний, надійний.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		62

### Список літератури.

1. Плановський А. Н. Процеси і апарати хімічної технології / А. Н. Плановський, В. М. Рамм, С. З. Каган, Хімія, 1968.- 848 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576с.
3. Соколов В. Н. Машины та апарати хімічних виробництв / В. Н. Соколов. Приклади і задачі. Машинобудування, 1982.- 384 с.
4. Дитнерський Ю. І. Основні процеси і апарати хімічної технології. Посібник з проектування / Ю. І. Дитнерській. Хімія, 1983.- 272 с.
5. Джон Р. Перрі. Довідник інженера - хіміка / Г. Перрі Джон. Хімія, 1969.- 280 с.
6. Міхальов М. Ф. Розрахунок і конструювання машин і апаратів хімічних виробництв. Приклади і задачі // М. Ф. Міхальов Машинобудування, 1984.- 640 с.
7. Чечель П. С. Процеси і апарати хімічної технології / П. С. Чечель. Вища школа, 1974.-276 с.
8. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981.— 382 с.
9. Чорнобильський І. І. Сушильні установки хімічної промисловості / І. І. Чорнобильський, Ю. М. Тананайко. Техніка, 1969.- 280 с.
10. Муштай В. І. Сушка дисперсійних матеріалів / В. І. Муштай, В. М. Ульянов. Хімія, 1988.- 352 с
11. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984. – 320с.
12. ГОСТ 34233.1-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочностью. Общие требования. – Введ. 08.01.2018
13. Фармазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефте- перерабатывающих заводов / С. А. Фармазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		63

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

15. Голубятников В.А. Шувалов В.В., Автоматизация производственных процессов. 2-е изд. М.: Химия, 1985.

16. Буртоликова З.Л. Александров И.А., Автоматика, автоматизация и АСУТП, Альбом структурно-логических схем к рабочей программе. М: ВЗПИ, 1988, Часть 2.

17. Кобилянська І. М., Кобилянський О. В., Яблочников С. Л. Основи охорони праці : Навчальний посібник. – Вінниця, 2007. – 171 с.

18. Безпека праці та промислова санітарія : курс охорони праці для студентів інженерно-економічного напрямку підготовки / К. Н. Ткачук, О. Л. Гуменюк, Т. П. Бивойно [та ін.]; за ред. К.Н. Ткачука і О.Л. Гуменюк – Чернігів : ЧДТУ, 2010. – 368 с.

					<i>XI.C.00.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		64