

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 сушарку киплячого шару

Виконав:
студент групи ХМдн-72п
Востряков Микола Петрович

підпис

Залікова книжка
№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:
канд. техн. наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

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-72п

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Вострякову Миколі Петровичу

1 Тема роботи: Виробництво хлориду натрію. Розробити сушарку киплячого шару

2 Вихідні дані: Розробити апарат киплячого шару продуктивністю 70 т/добу для сушіння кристалів хлориду натрію. Початкова вологість матеріалу 7,0 %, а кінцева – 0,5 %. Початкова температура матеріалу становить 15°C. У якості теплоносія використовується повітря з початковою температурою 100°C. Діапазон розміру частинок матеріалу +1,0...+2,0 мм.

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

- | | |
|--|------------|
| 1. <u>Технологічна схема установки</u> | – 1,0 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Складальне креслення кришки</u> | – 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. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок / П. Д. Лебедев. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1963. – 320 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 2020 р.

Керівник

підпис

доцент Юхименко М.П.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 47 с., 5 рис., 2 додатки, 17 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки виробництва хлориду натрію, складальне креслення сушарки киплячого шару, складальне креслення кришки апарату – усього 3 аркуша графічної частини формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи: «Виробництво хлориду натрію. Розробити сушарку киплячого шару».

У роботі наведено теоретичні основи і особливості процесу сушіння у зваженому шарі частинок, обґрунтовано вибір матеріалу для виготовлення основних деталей та вузлів апарату; виконано розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, технологічні розрахунки процесу; визначено геометричні розміри сушарки; розраховано та підібрано допоміжне обладнання; виконано розрахунки апарату на міцність та герметичність; розглянуто особливості монтажу і ремонту апарату киплячого шару. Окремим розділом представлена «Охорона праці», де розглянуто фактори, що визначають наслідки ураження електричним струмом людини, а також види уражень.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ХЛОРИД НАТРІЮ, СУШАРКА, ЗВАЖЕНИЙ ШАР, МОНТАЖ, РЕМОНТ, ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ, УРАЖЕННЯ.

Зміст

	С.
Вступ	5
1 Технологічна частина	7
1.1 Опис технологічної схеми виробництва хлориду натрію	7
1.2 Теоретичні основи процесу сушіння у зваженому шарі	9
1.3 Опис конструкції сушарки киплячого шару та вибір основних конструкційних матеріалів	13
2 Технологічні і проектні розрахунки	16
2.1 Технологічні та енергетичні розрахунки	16
2.2 Конструктивні розрахунки	18
2.3 Визначення висоти киплячого шару	21
2.4 Гідравлічні розрахунки	23
2.5 Розрахунок та вибір допоміжного обладнання	24
3 Розрахунки апарату на міцність та герметичність	26
3.1 Розрахунок на міцність корпусу сушарки	26
3.2 Розрахунок на міцність корпусу газорозподільного пристрою	27
3.3 Розрахунок і вибір опори для сушарки	28
4 Монтаж і ремонт апарату киплячого шару	31
4.1 Монтаж апарату	31
4.2 Ремонт апарату	33
5 Охорона праці	37
Список використаних джерел	46
Додаток А – Схема реального процесу сушіння на I – x діаграмі	
Додаток Б – Специфікації до графічної частини	

						XI.C.00.00.00 ПЗ								
	Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Сушарка киплячого шару Пояснювальна записка			Літ.		Лист	Листів		
	Розроб.		Востряков						к	р	б	4	47	
	Перевір.		Юхименко											
	Т.контр.													
	Н. контр.													
	Затв.		Склабінський			СумДУ, ХМдн-72п								

Вступ

Хлорид натрію (NaCl) становить основу кухонної солі, яка є найпопулярнішою приправою до їжі. NaCl дуже важливий для людини: він необхідний нам для засвоєння поживних речовин у процесі травлення; наша кров в чималому ступені складається із сольового розчину; хлорид натрію входить до числа найважливіших джерел мінеральної сировини для хімічної промисловості [1].

У природі хлористий натрій зустрічається в морській воді, солоних озерах, в соляних підземних водах, в викопному вигляді (галіт, кам'яна сіль). Галіт – це мінеральна форма NaCl. Кам'яна сіль – це осадова порода, що містить 90 % галіту і домішки заліза, гіпсу, магнезиту, тальку, бітумів, з'єднань калію, кальцію, магнію, йоду, бромю, бору. Кожне родовище кам'яної солі має свій унікальний склад [1].

Морська сіль, що отримується шляхом випаровування морської води, містить більше життєво важливих для людини домішок хімічних елементів, мінералів і солей, ніж кам'яна сіль. У ній лише 77,8 % хлористого натрію. Вона має гіркуватий смак, використовується, переважно, в медицині та кулінарії [1].

Відомі різні методи утилізації та переробки галітових відходів. Галітові відходи є побічним продуктом основної стадії виробництва. Кількість хлориду натрію в природному сильвініті дуже велике (до 90 %). При переробці хлорид натрію йде у відвал. Склад галітових відходів наступний (мас. %): NaCl – 80–92; KCl – 1,2–5,5; CaSO₄ – 0,3–2; MgCl₂ – 0,05–0,2; нерозчинний осад – 1–2, вологість – 6–10 %. Деяка кількість галітових відходів без додаткової обробки може бути використана в дорожньому та комунальному господарстві, а також гірничорудній промисловості. Однак потреба в цих галузях не перевищує 30–35 % від загальної кількості вироблених відходів. Інша їх частина повинна бути перероблена або утилізована. Однією із перспективних галузей використання галітових відходів є переробка їх на технічну або харчову поварену сіль.

Труднощі отримання харчової кухонної солі полягає в тому, що при флотаційному методі переробки сильвініту у відходах залишаються флотореагенти. Тому необхідно вводити додаткові операції для очищення кухонної солі від органічних речовин [2].

Дана кваліфікаційна робота являє собою комплексний навчально-дослідний та практичний проект, який виконано у відповідності до методичних вказівок [3] із представленням усіх регламентованих розділів.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва хлориду натрію [2]

Технологічну схему отримання хлориду натрію представлено на рис. 1.1. У даний спосіб кухонну сіль отримують у результаті безпосередньої переробки неочищеного розсолу, отриманого при підземному розчиненні кам'яної солі та забрудненого домішками. При цьому виключене хімічне очищення розсолу від домішок, а також термічна обробка розсолу для осадження з нього домішок перед виділенням кухонної солі.

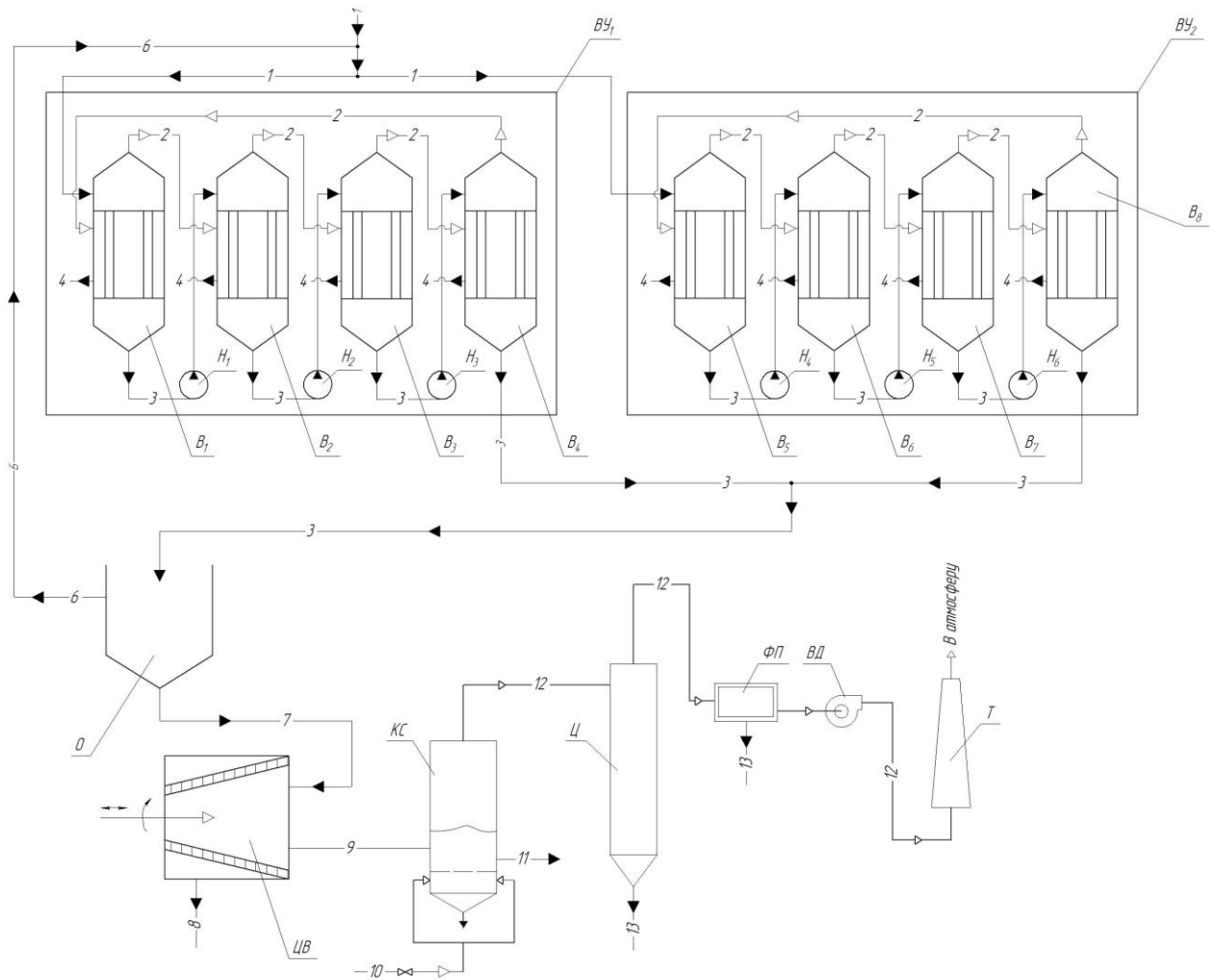


Рисунок 1.1 – Технологічна схема установки для отримання хлориду натрію

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Принцип роботи даної установки полягає у наступному. Неочищений розсіл, що містить домішки, подається на багатокорпусні випарні установки VU_1 та VU_2 , що складаються з чотирьох корпусів ($B_1 - B_4$ та $B_5 - B_8$). У процесі випарювання з розсолу кристалізується кухонна сіль, а також накипформуючі домішки, головним чином сульфат і карбонат кальцію. Однак з огляду на те, що при випаровуванні підтримується спеціальний технологічний режим, забезпечується відсутність відкладень накипу на теплопередавальних поверхнях і забивання сіллю теплообмінних труб випарних апаратів. Це досягається тим, що в упареній суспензії підтримують концентрацію твердої кристалічної солі, що дорівнює 30–40 %. При цьому в ній містяться кристали накипформуючих домішок, що відіграють роль затравки, на яких осідають виділені домішки. Підтримання зазначеного технологічного режиму дозволяє випарній установці працювати без зниження продуктивності безперервно протягом 15–30 діб. Застосування багатокорпусної випарної установки для отримання кухонної солі дає можливість істотно знизити енерговитрати і зменшити собівартість солі.

Упарену суспензію, яка містить кристали кухонної солі і домішок, згущують у відстійнику O . При цьому в освітленому розчині знаходяться кристали домішок набагато менші за кристали кухонної солі і тому йдуть із освітленим розчином. Освітлений розчин разом із кристалами домішок змішується з вихідним неочищеним розсалом і знову подається на випарювання, а сіль спрямовується у центрифугу $ЦВ$ на зневоднення.

Після зневоднення вологість солі складає 7,0 % мас. Заключною технологічною стадією отримання товарної солі $NaCl$ є її сушіння. Видалення зайвої вологи відбувається в сушарці киплячого шару $КС$ внаслідок пропускання потоку гарячого повітря, яке має початкову температуру $100^\circ C$. Процес сушіння закінчується, коли вологість продукту становить не більше 0,5 % мас.

На виході з сушарки киплячого шару передбачений циклон. У циклоні відбувається уловлювання винесених з апарату частинок. Після циклону повітря очищається від пилу в патронному фільтрі. Очищене повітря, за допомогою вентилятору, викидається в атмосферу через вихлопну трубу.

1.2 Теоретичні основи процесу сушіння у зваженому шарі

Псевдозрідженим називають такий стан двофазної системи тверді частинки – газ (або рідина), який характеризується переміщенням твердих частинок відносно одна одної за рахунок підведення енергії від якого-небудь джерела. Псевдозріджена система, що виникла під впливом зріджуючого агента, отримала назву псевдозрідженого або киплячого шару, оскільки для такого шару притаманні багато властивостей крапельної рідини [4].

Псевдозріджений шар утворюється при висхідному русі зріджуючого агента через шар зернистого матеріалу зі швидкістю, що дозволяє підтримувати шар матеріалу в підвішеному стані. У киплячому шарі відбувається швидке вирівнювання температур твердих частинок та сушильного агента і досягається досить інтенсивний тепло- і масообмін між твердою і газовою фазами, у результаті цього сушіння відбувається за декілька хвилин [4].

Сушарки з киплячим шаром є одним із прогресивних типів апаратів для сушіння. Процес у киплячому шарі дозволяє значно збільшити поверхню контакту між частинками матеріалу і сушильним агентом, інтенсифікувати випаровування вологи з матеріалу. Сушарки з киплячим шаром в даний час успішно застосовують у хімічній технології не тільки для сушіння сильно сипучих зернистих матеріалів (наприклад, мінеральних чи органічних солей), а й матеріалів, схильних до комкування, наприклад, для сульфату амонію, полівінілхлориду, поліетилену і деяких інших полімерів, а також пастоподібних матеріалів (пігментів, анілінових барвників), розчинів, розплавів і суспензій [5].

Апарати з псевдозрідженим шаром зернистого матеріалу відрізняються великою різноманітністю, як за конструкцією, так і за гідродинамічними і тепловими режимами роботи. Їх можна класифікувати наступним чином [4]:

- за кількістю зон – однокамерні і багатокамерні;
- за характером руху матеріалу – із направленим і ненаправленим рухом від місця завантаження матеріалу до місця його вивантаження;
- по використанню теплоносія – одноразове і багаторазове;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

– по конфігурації сушильної камери – круглі, прямокутні і т.д.

Переваги сушарок з киплячим шаром [4–6]:

- інтенсивний процес сушіння;
- можливість сушіння при високих температурах, які можуть перевищувати допустимі для даного матеріалу, внаслідок короткочасності його зіткнення із сушильним агентом;
- високий ступінь використання тепла сушильного агента;
- можливість автоматичного регулювання параметрів процесу.

Недоліки таких сушарок [4–6]:

- непридатність для сушіння матеріалів, що погано піддаються псевдозрідженню (наприклад, із високою вологістю або великими розмірами частинок);
- достатньо високий гідравлічний опір;
- стирання і значне винесення твердих частинок.

Процес сушіння залежить як від властивостей матеріалу, так і від властивостей навколишнього середовища. Тому для вивчення процесу сушіння необхідно знати властивості вологого газу (повітря) і характер їх зміни в процесі сушіння. Вологе повітря являє собою суміш сухого повітря і водяної пари. У ненасиченому повітрі волога знаходиться в стані перегрітої пари, тому властивості вологого повітря із деяким наближенням характеризуються законами ідеальних газів [4].

Суміш сухого газу з парами рідини називається вологим газом. Вологий газ характеризують такі параметри: температура, тиск, густина, відносна і абсолютна вологість, вологовміст, теплоємність, ентальпія [4].

Відносна вологість (φ) – це відношення кількості парів рідини в газі до максимально можливого при даній температурі і загальному тиску або ставлення густини пари ρ_n за даних умов до щільності насиченої пари при тих самих умовах [6]:

$$\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_{n.п.}} = \frac{P_n}{P_{n.п.}} \quad (1.1)$$

Під вологовмістом x розуміють кількість пари рідини (в кг), що припадає на 1 кг абсолютно сухого газу [6]:

$$x = \frac{G_n}{L}, \quad (1.2)$$

де G_n – маса (масова витрата) пари, кг (кг/с);

L – маса (масова витрата) абсолютно сухого газу, кг (кг/с).

Питома теплоємність вологого газу приймається адитивною величиною теплоємностей сухого газу та пари.

Питому ентальпію (H) парогазової суміші (в Дж/кг) виражають також за правилом адитивності як суму питомих ентальпій сухого газу $H_{с.г.}$ і пари H_n [6]:

$$H = H_{с.г.} + H_n \cdot x \quad (1.3)$$

Швидкість сушіння, що характеризується зміною абсолютної вологості в одиницю часу, може бути знайдена для кожного даного моменту, як тангенс кута нахилу кривої. Знайдені значення швидкості сушіння наносять на графік, як функцію абсолютної вологості, і отримують криву швидкості сушіння (рис. 1.2). Графічне зображення процесу у вигляді кривих сушіння дає можливість встановити різні періоди його протікання [4].

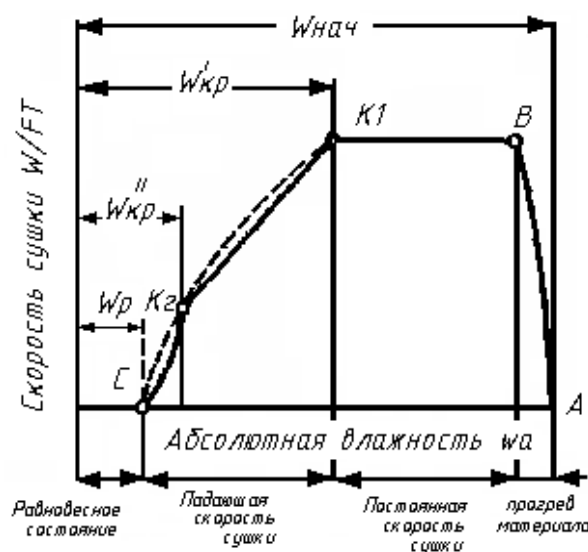


Рисунок 1.2 – Графічна залежність швидкості сушіння

Період прогрівання матеріалу є короткочасним і характеризується неста-
лим станом процесу. За цей час температура матеріалу підвищується до тем-
ператури мокрого термометра t_m , але його вологість $w_{нач}$ знижується незначно.
Швидкість сушіння зростає і до кінця періоду прогрівання досягає максималь-
ної величини.

У період постійної швидкості швидкість процесу є найбільшою, темпера-
тура матеріалу $t_m = \text{const}$.

Початкова точка K_1 (рис. 1.2) періоду падаючої швидкості називається
першою критичною точкою, а вологість матеріалу $w'_{кр}$ у цій точці – першою
критичною вологістю.

Період падаючої швидкості складається із двох стадій:

- рівномірно падаючої швидкості;
- нерівномірно падаючої швидкості.

Точка K_2 (рис. 1.3) називається другою критичною точкою, а відповідна їй
вологість матеріалу – другою критичною вологістю $w''_{кр}$. До кінця другого пе-
ріоду температура матеріалу підвищується і досягає температури повітря або
середовища, що оточують матеріал. Одночасно вологість матеріалу знижуєть-
ся до рівноважної по всій його товщині.

Рушійна сила процесу сушіння визначається різницею тисків $P_m - P_p$,
тобто різницею тиску парів води у поверхні матеріалу P_m і парціального ти-
ску пари в повітрі P_p .

Розрізняють два періоди сушки: період постійної швидкості і період па-
даючої швидкості процесу. Протягом першого періоду волога випаровується з
усієї поверхні вологого матеріалу. Швидкість сушіння постійна і визначається
лише швидкістю зовнішньої дифузії, тобто дифузією парів води із поверхні
матеріалу в навколишнє середовище. У другому періоді швидкість сушіння
визначається внутрішньою дифузією – переміщенням води з середини мате-
ріалу до його поверхні.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

1.3 Опис конструкції сушарки киплячого шару та вибір основних конструкційних матеріалів

Нашим об'єктом розробки є сушарка киплячого шару (рис. 1.3) – це вертикальний циліндро-конічний апарат, принцип роботи якого полягає у наступному. Через нижні патрубки В1 і В2 у сушарку подається нагріте до 100°C повітря. Верхня камера оснащена завантажувальним А і розвантажувальним Б пристроями. Кристали NaCl із початковою вологістю 7 % подаються в апарат, на його газорозподільну решітку 3. Конструкція газорозподільної решітки має живий перетин близько 15 %.

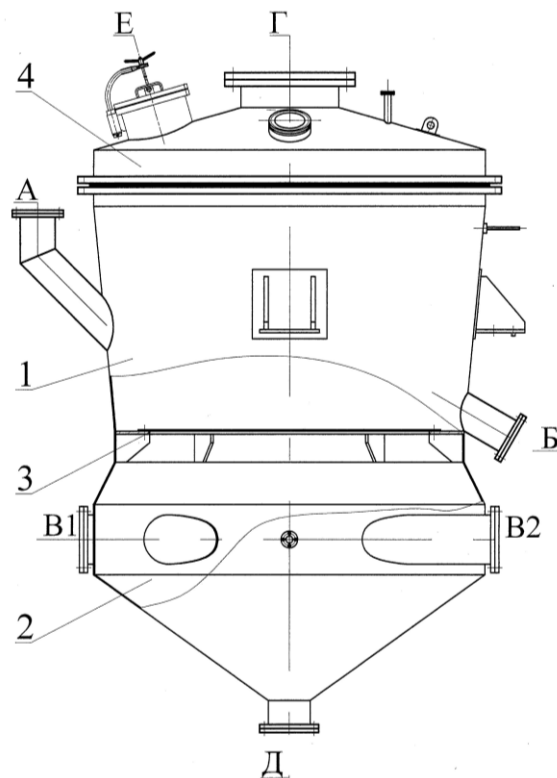


Рисунок 1.3 – Схема проектованої сушарки киплячого шару

Під дією потоку повітря кристали NaCl приходять у стан псевдозрідження. У процесі такого сушіння дисперсний продукт переміщується по решітці не тільки у вертикальному напрямку, але і в горизонтальному, тобто перетікає із однієї зони в іншу. При цьому висота киплячого шару може становити від

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ХІ.С.00.00.00 ПЗ

Лист

13

0,3 до 0,7 м, у залежності від властивостей матеріалу, обраного режиму сушіння та геометрії сушильної камери. Підсушений до вологості 0,5 % матеріал виводиться із сушарки через штуцер Б. Відпрацьоване і насичене вологою повітря виводиться із сушарки через штуцер Г у верхній частині кришки.

Правильний вибір матеріалів і технології виготовлення апаратів сприяє збільшенню тривалості їх ефективної експлуатації, зниженню трудомісткості їх виготовлення та собівартості. Вибір матеріалів та заготовок обумовлюється характером виробництва, конструктивними, експлуатаційними та технологічними особливостями, а також економічною доцільністю. Вибір конструкційних матеріалів для виготовлення основних деталей і вузлів проектованої сушарки киплячого шару проводився на підставі [7, 8].

Матеріалами для виготовлення сталених зварних апаратів є напівфабрикати, які поставляються металургічною промисловістю у вигляді листового, сортового та фасонного прокату, труб, спеціальних поковок та відливків. Матеріали повинні бути хімічно та корозійностійкими в заданому середовищі при її робочих параметрах, володіти гарною зварюваністю та відповідними міцнісними та пластичними характеристиками в робочих умовах, допускати холодну та гарячу механічну обробку, а також мати якомога нижчу вартість та бути недефіцитними. Якість, хімічний склад та механічні властивості матеріалів повинні відповідати вимогам діючих стандартів і ТУ та бути підтвердженими сертифікатами заводів-поставників.

Також, обираючи матеріали заготовок, враховують: механічні властивості матеріалів, хімічну стійкість, теплопровідність, технологічність у виготовленні та вартість матеріалу. Одним із найважливіших показників при виборі матеріалу є здатність матеріалу добре зварюватися, адже більшість нероз'ємних з'єднань при виготовленні хімічних апаратів виконують саме зварюванням.

Вибір конструкційного матеріалу виконується так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечити високу якість та ефективну технологію виготовлення апарату. Із огляду на температурні параметри процесу

сушіння (до 800°C) тиск в апараті (атмосферний) та помірну агресивність речовин, у якості основного матеріалу для виготовлення апарату киплячого шару обираємо низьколеговану (із вмістом легуючих елементів до 2,5 %) сталь, що поставляється у вигляді листового прокату товщиною (4–160 мм) згідно з ГОСТ 5520-2017 та ГОСТ 19281-2014.

Сталь 16ГС – сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій. Використовується для виготовлення апаратів, фланців, днищ, обичайок, судів. Поставляється у вигляді сталевих листів. Характеризується гарною зварюваністю, високою міцністю та ударною в'язкістю, використовується в інтервалі температур від –70°C до +875°C. Добре деформується в гарячому і холодному стані, легко піддається обробці різанням, добре зварюється всіма видами зварювання.

Сталь Ст3 – конструкційна вуглецева сталь звичайної якості. Застосовується для виготовлення збірників, насосів, несучих елементів зварних і незварних конструкцій, що працюють при температурах від –40°C до +725°C. Добре зварюється усіма видами зварювання, не схильна до відпускнуї крихкості. Поставляється у вигляді листового та фасонного прокату.

Сталь 35Х – конструкційна легувана сталь. Застосовується для виготовлення осей, валів, шестерень та інших поліпшуваних деталей. Обмежено зварювана, схильна до відпускнуї крихкості.

Пароніт – листовий матеріал прокладки, виготовлений пресуванням асбобкаучукової маси, що складається з азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів. Застосовується для ущільнення фланцевих з'єднань.

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист	
						15	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

2 Технологічні і проектні розрахунки

2.1 Технологічні та енергетичні розрахунки

Технологічний розрахунок проводимо у відповідності до методики, що викладена у джерелі [9]. Приймаємо середньорічну температуру навколишнього повітря $t_{B0} = 8^\circ\text{C}$ з відносною вологістю $\varphi_{B0} = 75\%$.

За діаграмою Рамзина (див. Додаток А) параметри повітря перед калорифером складають $X_0 = 0,006$ кг/кг; $I_0 = 20$ кДж/кг. Тоді параметри повітря в калорифері $t_{BH} = 100^\circ\text{C}$, $X_B = 0,006$ кг/кг, $I_B = 135$ кДж/кг.

Параметрами точки C_1 є: постійна ентальпія $I_B = 135$ кДж/кг і кінцева температура повітря, яку приймаємо за практичними даними [9] $t_{BK} = 70^\circ\text{C}$.

При теоретичному процесі сушіння питома теплота визначається з наступного рівняння:

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

де $X_{\text{ВЫХ}}$ – вміст вологи в повітрі на виході з сушарки при теоретичному процесі, кг/кг.

За діаграмою Рамзина $X_{\text{ВЫХ}} = 0,023$ кг/кг (точка C_1 , Додаток А).

$$q_T = \frac{135 \cdot 10^3 - 20 \cdot 10^3}{0,023 - 0,006} = 6,8 \cdot 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

У реальній сушарці кінцевий вміст вологи X_K буде меншим $X_{\text{ВЫХ}}$. Його значення визначаємо наступним чином.

З рівняння лінії реального процесу сушіння

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

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

Витрати вологи, що випаровується:

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

$$W = 70 \cdot 1000 / (24 \cdot 3600) \cdot (0,07 - 0,005) = 0,053 \text{ (кг/с)}.$$

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

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

де c_M – питома теплоємність NaCl; $c_M = 380$ Дж/(кг·К).

$$q_{\text{MAT}} = \frac{70 \cdot 1000 \cdot 380 \cdot (60 - 15)}{3600 \cdot 24 \cdot 0,053} = 2,6 \cdot 10^5 \text{ (Дж/кг)}.$$

Приймаємо допущення, що втрати тепла складають 15 %:

$$q_{\text{ПОТ}} = 0,15 \cdot q_T = 0,15 \cdot 6,8 \cdot 10^6 = 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

Різниця температур в теоретичній і реальній сушарках:

$$\Delta q = q_{\text{MAT}} + q_{\text{ПОТ}} - c_\omega \cdot t_{B0}; \quad (2.5)$$

$$\Delta q = 2,6 \cdot 10^5 + 10^6 - 4200 \cdot 8 = 1,2 \cdot 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

Приймавши значення $X=0,01$ кг/кг, за рівнянням (2.2) розраховуємо:

$$I = 135 \cdot 10^3 - 1,2 \cdot 10^6 \cdot (0,01 - 0,006) = 130 \cdot 10^3 \text{ (Дж/кг)}.$$

Виходячи з діаграми Рамзина (Додаток А), визначаємо вміст вологи в повітрі на виході з сушарки. Для цього проведемо лінію через дві точки: точку В ($X_B = 0,006$ кг/кг; $I_B = 135$ кДж/кг) і точку D ($X = 0,01$ кг/кг; $I = 130$ кДж/кг), до перетину з ізотермою $t_{BK} = 70^\circ\text{C}$. Відповідно знаходимо вміст вологи у повітрі, що залишає сушарку: $X_K = 0,016$ кг/кг (точка С, Додаток А).

Визначаємо витрати сухого теплоносія в сушарці:

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

$$G_C = \frac{0,053}{0,016 - 0,006} = 5,3 \text{ (кг/с)}.$$

Витрати вологого теплоносія на виході з сушарки складуть:

$$V_B = v_{UD} \cdot G_C, \quad (2.7)$$

$$\text{де } v_{UD} = \frac{R_B \cdot T}{P - \phi_v \cdot p_{нас}} = \frac{287 \cdot (273 + 70)}{10^5 - 0,75 \cdot 3,22 \cdot 10^4} = 1,3 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

$$V_B = 1,3 \cdot 5,3 = 6,89 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Для визначення площі поперечного перерізу сушарки необхідно визначити швидкість повітряного потоку в сушарці.

Швидкість початку псевдозрідження (перша критична швидкість):

$$\omega_{KP} = \frac{Re_{KP} \cdot \mu_{CP}}{d_{\varnothing} \cdot \rho_{CP}}, \quad (2.8)$$

де μ_{CP} – в'язкість повітря при середній температурі;

ρ_{CP} – густина повітря при середній температурі;

$d_{\text{э}}$ – еквівалентний діаметр частинки.

Визначаємо критерій Рейнольдса [9]:

$$\text{Re}_{KP} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}}, \quad (2.9)$$

де Ar – критерій Архімеда.

$$Ar = \frac{d_{\text{э}}^3 \cdot \rho_{CP} \cdot g \cdot \rho_{\text{ч}}}{\mu_{CP}^2}, \quad (2.10)$$

де $\rho_{\text{ч}} = 3600 \text{ кг/м}^3$ – щільність матеріалу.

$$Ar = \frac{0,0015^3 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 3600}{(2,3 \cdot 10^{-5})^2} = 202783;$$

$$\text{Re}_{KP} = \frac{202783}{18 + 5,22 \cdot \sqrt{202783}} = 85,6.$$

Підставивши в рівняння (2.8), отримаємо:

$$\omega_{KP} = \frac{85,6 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5}}{0,0015 \cdot 0,9} = 1,46 \text{ (м/с)}. \quad (2.11)$$

Швидкість віднесення частки (друга критична швидкість) $\omega_{\text{УН}}$ з сушарки «киплячого шару» визначається за допомогою критеріального рівняння [9]:

$$\omega_{\text{УН}} = \frac{\mu_{CP}}{d_{\text{э}} \rho_{CP}} \left(\frac{Ar}{18 + 0,6 \cdot \sqrt{Ar}} \right); \quad (2.12)$$

$$\omega_{\text{УН}} = \frac{2,3 \cdot 10^{-5}}{0,0015 \cdot 0,9} \cdot \left(\frac{202783}{18 + 0,6 \cdot \sqrt{202783}} \right) = 12 \text{ (м/с)}.$$

						ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			19

Робочу швидкість сушильного агенту вибирають в інтервалі від $\omega_{кр}$ до $\omega_{ун}$. Ця швидкість залежить від граничного числа псевдозрідження. У свою чергу, число псевдозрідження залежить від: форми частинок, форми апарату, конструкції газорозподільної решітки і т. д. Його визначення базується на підставі аналізу дослідних даних, і для наших умов ведення процесу вибираємо значення $K_{\omega} = 1,5$.

Таким чином, робоча швидкість сушильного агенту дорівнює [9]:

$$\omega_p = K_{\omega} \cdot \omega_{кр}; \quad (2.13)$$

$$\omega_p = 1,5 \cdot 1,46 = 2,19 \text{ (м/с)}.$$

Діаметр газорозподільної решітки апарату визначається за рівнянням [9]:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega_p}}; \quad (2.14)$$

$$D = \sqrt{\frac{6,89}{0,785 \cdot 2,19}} = 2,0 \text{ (м)}.$$

Приймаємо $D = 2$ м, тоді площа газорозподільної решітки складе:

$$S = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot 2^2 = 3,14 \text{ (м}^2\text{)}. \quad (2.15)$$

За рекомендаціями [9] для забезпечення осадження частинок матеріалу в сепараційній частині необхідно розширити сепараційний простір. Діаметр сепараційного простору повинен бути більшим у 1,2 рази за діаметр газорозподільної решітки сушарки.

Отримаємо:

$$D_c = D \cdot 1,2 = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ (м)}.$$

Тоді кут конусності обичайки складе:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{D_c - D}{H_{\text{общ}}} \right) = \arctg \left(\frac{2,4 - 2}{2} \right) = 11,35^\circ,$$

де $H_{\text{общ}}$ – загальна висота апарату над решіткою (див. розрахунок нижче).

Діаметри штуцерів визначаємо за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}}. \quad (2.16)$$

$$d = \sqrt{\frac{6,89}{0,785 \cdot 15}} = 0,765 \text{ (м)}.$$

Таким чином, приймаємо для входу повітря 2 патрубк по 400 мм, а для виходу – один патрубк із діаметром 800 мм.

2.3 Визначення висоти киплячого шару

Висота киплячого шару [6]:

$$H = \frac{1 - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon_{CP}} \cdot H_0, \quad (2.17)$$

де H_0 – висота шару, що знаходиться у спокої; згідно з рекомендаціями [6] приймаємо $H_0 = 0,2$ м;

ε_0 – порізність насипного шару, що знаходиться у спокої; $\varepsilon_0 = 0,4$ [6];

ε_{CP} – середня порізність киплячого шару; визначаємо за формулою [6]:

$$\varepsilon_{CP} = \left(\frac{18 \text{Re}_p + 0,36 \text{Re}_p^2}{Ar} \right)^{0,21}, \quad (2.18)$$

де Re_p – число Рейнольдса при робочій швидкості:

$$Re_p = \frac{\omega_p d_{\text{э}} \rho_{\text{ср}}}{\mu_{\text{ср}}}; \quad (2.19)$$

$$Re_p = \frac{2,19 \cdot 0,0015 \cdot 0,9}{2,3 \cdot 10^{-5}} = 129.$$

Тоді $\varepsilon_{\text{ср}}$ дорівнює:

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \left(\frac{18 \cdot 129 + 0,36 \cdot 129^2}{202783} \right)^{0,21} = 0,51.$$

Можемо визначити висоту киплячого шару:

$$H = \frac{1-0,4}{1-0,51} \cdot 0,2 = 0,24.$$

Діаметри отворів в газорозподільній решітці визначаються за [9]:

$$d_0 = \frac{H}{80}; \quad (2.20)$$

$$d_0 = \frac{0,24}{80} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}.$$

Приймаємо діаметр отворів газорозподільної решітки $d_0 = 3 \text{ мм}$.

Число отворів у газорозподільній решітці визначаємо за рівнянням:

$$n = \frac{D^2 \cdot F_c}{d_0^2}, \quad (2.21)$$

де F_c – живий перетин решітки; приймаємо $F_c = 0,04$ [9].

$$n = \frac{2^2 \cdot 0,04}{0,003^2} = 17778.$$

						ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
							22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Висоту сепараційного простору сушарки з псевдозрідженим шаром приймаємо у 6 разів більшою за висоту псевдозрідженого шару [6]:

$$H_c = 6 \cdot H = 6 \cdot 0,24 = 1,44 \text{ (м)}. \quad (2.22)$$

Мінімальна висота апарату над решіткою:

$$H_{\text{общ}} = H_c + H = 1,44 + 0,24 = 1,68 \text{ (м)}. \quad (2.23)$$

Приймаємо із запасом $H_{\text{общ}} = 2 \text{ м.}$

2.4 Гідравлічні розрахунки

Основну статтю загального гідравлічного опору сушарки становить гідравлічний опір псевдозрідженого шару і решітки [10]:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{ПС}} + \Delta P_{\text{р}}. \quad (2.24)$$

Величину $\Delta P_{\text{ПС}}$ знаходимо з рівняння:

$$\Delta P_{\text{ПС}} = \rho_{\text{г}} (1 - \varepsilon) g H; \quad (2.25)$$

$$\Delta P_{\text{ПС}} = 3600 \cdot (1 - 0,51) \cdot 9,81 \cdot 0,24 = 4150 \text{ (Па)}.$$

Мінімально допустимий опір решітки [10]:

$$\Delta P_{\text{рmin}} = \frac{\Delta P_{\text{ПС}} \cdot K_{\omega}^2 \cdot (\varepsilon - \varepsilon_0)}{(K_{\omega}^2 - 1) \cdot (1 - \varepsilon_0)}; \quad (2.26)$$

$$\Delta P_{\text{рmin}} = \frac{4150 \cdot 1,5^2 \cdot (0,51 - 0,4)}{(1,5^2 - 1)(1 - 0,4)} = 1370 \text{ (Па)}.$$

Гідравлічний опір газорозподільної решітки [10]:

						XI.C.00.00.00 ПЗ		Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				23

$$\Delta P_p = \xi \cdot \left(\frac{w}{F_c} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{cp}}{2} \quad (2.27)$$

Коефіцієнт опору решітки приймаємо $\xi = 1,8$ [10].

$$\Delta P_p = 1,8 \cdot \left(\frac{2,19}{0,04} \right)^2 \cdot \frac{0,9}{2} = 2428 \text{ (Па)}.$$

Загальний гідравлічний опір проектованої сушарки:

$$\Delta P = 4150 + 2428 = 6578 \text{ (Па)}.$$

2.5 Розрахунок та вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір циклону [9]. Циклони вибираються у залежності від необхідного ступеня уловлювання частинок, розміру і властивостей частинок, вологості, температури. Ступінь очищення газу залежить від діаметра циклону і розміру частинок.

Найбільш поширеною конструкцією циклонів є циклон серії ЦН-15 [9].

Визначаємо діаметр циклону:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega_y}}, \quad (2.29)$$

де V – секундна витрата повітря, м³/с;

ω_y – умовна швидкість повітря, яка знаходиться за рівнянням:

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\omega_y^2 \cdot Y_r}{2g}, \quad (2.30)$$

де $\Delta P / Y_r$ залежить від продуктивності і знаходиться в межах 55–75 [9].

Приймаємо $\Delta P / Y_r = 70$.

$$\omega_y = \sqrt{\frac{\Delta P \cdot 2 \cdot g}{Y_r \cdot \xi}}, \quad (2.31)$$

де $\xi = 100$ – коефіцієнт місцевого опору циклонів ЦН-15 [9].

$$\omega_y = \sqrt{\frac{70 \cdot 2 \cdot 9,81}{100}} = 3,7 \text{ (м/с);}$$

$$D = \sqrt{\frac{6,89}{0,785 \cdot 3,7}} = 1,54.$$

Таким чином, приймаємо 2 циклони ЦН-15 діаметром 800 мм.

Бункер для вологого матеріалу. Об'єм бункеру визначаємо за формулою [7]:

$$V_n = \frac{G_u \cdot \tau}{\rho_3 \cdot \varphi}, \quad (2.32)$$

де G_u – кількість вологого матеріалу;

τ – тривалість робочої зміни; приймаємо $\tau = 6$ год.;

ρ_3 – щільність матеріалу;

φ – коефіцієнт заповнення ємності; приймаємо $\varphi = 0,9$.

$$V_n = \frac{0,8 \cdot 6 \cdot 3600}{3600 \cdot 0,9} = 5,33 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Отже, приймаємо бункер таких розмірів:

– діаметр 1,4 м;

– висота 4,0 м;

– об'єм 6,2 м³.

3 Розрахунки апарату на міцність та герметичність

3.1 Розрахунок на міцність корпусу сушарки

Розрахунок на міцність і стійкість ведемо згідно [11].

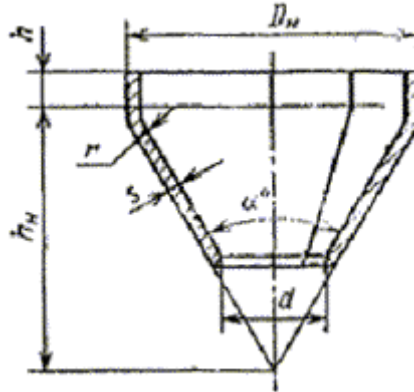


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема корпусу сушарки

Визначаємо відношення визначальних параметрів:

$$\frac{\sigma}{p} \cdot \phi = \frac{134}{0,1} \cdot 1 = 1340. \quad (3.1)$$

Товщину стінки знаходимо за формулою [11]:

$$S_{к р} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha \cdot [\sigma] \cdot \phi}, \quad (3.2)$$

де $D=2,4$ м – найбільший діаметр апарату;

$[\sigma]=134$ МН/м² – допустиме напруження для сталі ВСт3.

$$S_{к р} = \frac{0,1 \cdot 2,4}{2 \cdot \cos 11,35^\circ \cdot 134 \cdot 1} = 0,0009 \text{ (м)}.$$

Виконавча товщина стінки корпусу:

$$S = S_{к р} + c; \quad (3.3)$$

$$S = 0,0009 + 0,001 = 0,0019(\text{м}).$$

Приймаємо товщину обичайки $S=3$ мм.

Допустимий тиск для корпусу сушарки:

$$[p] = \frac{2 \cos \alpha \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + 2 \cos \alpha (s - c)}; \quad (3.4)$$

$$[p] = \frac{2 \cos 11,35^\circ \cdot 134 \cdot 1 \cdot (3 - 1) \cdot 10^3}{3 + 2 \cos 11,35 \cdot (3 - 1) \cdot 10^3} = 0,134(\text{МПа})$$

Умову міцності корпусу виконано.

3.2 Розрахунок на міцність корпусу газорозподільного пристрою

Розрахункова товщина стінки в робочому стані [11]:

$$s_R = \frac{p_p D}{2[\sigma]\phi - p_p}, \quad (3.5)$$

де $D=2$ м – найменший діаметр апарату.

$$s_R = \frac{0,1 \cdot 2}{2 \cdot 134 \cdot 1 - 0,1} = 7,5 \cdot 10^{-4}(\text{м}).$$

Виконавча товщина стінки корпусу:

$$S = s_R + c; \quad (3.6)$$

$$S = 0,00075 + 0,001 = 0,00175(\text{м}).$$

Також приймаємо товщину обичайки $S=3$ мм.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Допустимий внутрішній надлишковий тиск визначимо за формулою [11]:

$$[p_{II}] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - C)}{D + (S - C)}; \quad (3.7)$$

$$[p_{II}] = \frac{2 \cdot 134 \cdot 1,0 \cdot (3 - 1) \cdot 10^{-3}}{2 + (3 - 1) \cdot 10^{-3}} = 0,268 \text{ (МПа)}.$$

Оскільки $[p_{II}] > P$ ($0,268 > 0,1$) – умова виконується, а отже, міцність забезпечується.

Перевіряємо умови застосовуваності формул:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1;$$

$$\frac{3 - 1}{2000} = 0,001 < 0,1.$$

3.3 Розрахунок і вибір опори для сушарки

Вибираємо опори-лапи з підкладним листом. Розрахунок на міцність обичайок від впливу опорних навантажень ведемо згідно [11].

Маса заповненого апарату:

$$M = M_{мет} + M_3, \quad (3.8)$$

де $M_{мет}$ – маса порожнього апарату;

M_3 – маса матеріалу, що знаходиться в апараті.

Масу металу в апараті наближено приймаємо рівною масі циліндра, діаметр якого дорівнює середньому діаметру корпусу апарату $D_{ср} = (D_1 + D_2) / 2 = (2 + 2,4) / 2 = 2,2$ м, а товщина становить 3 мм.

$$M'_{мет} = V \cdot \rho = \pi \cdot D \cdot S \cdot L \cdot \rho = 3,14 \cdot 2,2 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 3,5 \cdot 7800 = 565 \text{ (кг)}. \quad (3.9)$$

Із урахуванням газорозподільної решітки, кришки та днища маса апарату буде $M_{мет} = M'_{мет} \cdot 1,5 = 565 \cdot 1,5 = 850$ кг.

$$M = 850 + 700 = 1550 \text{ (кг)}.$$

Вага апарату складе:

$$G = M \cdot g; \quad (3.10)$$

$$G = 1550 \cdot 9,81 = 15205,5 \text{ Н} \approx 15,2 \text{ кН}.$$

Навантаження на одну опору визначимо за формулою [11]:

$$Q = \frac{\lambda_1 \cdot G}{Z} + \frac{\lambda_2 \cdot M}{D + 2 \cdot e}, \quad (3.11)$$

де $e = 0,5(b + f_{\max} + s_0 + s_n)$;

f_{\max} , b – за таблицею [11];

$s_0 = s - c - c_1$ – товщина стінки апарату в кінці терміну служби;

s – виконавча товщина стінки апарату;

c – прибавка для компенсації корозії;

c_1 – додаткова надбавка.

Z – число опор, $Z=3$;

λ_1 , λ_2 – коефіцієнти, що залежать від числа опор $z=3$ тоді $\lambda_1=1$ [11];

G – вертикальна сила;

M – перекидний момент;

D – внутрішній діаметр апарату.

Приймаємо перекидний момент рівним 0, тоді

$$Q = \frac{1 \cdot 15,2}{3} = 5,07 \text{ (кН)}.$$

Приймаємо виліт опори $l = 0,11$ м і відношення вильоту лапи до висоти ребра $l/h = 0,5$.

Тоді:

$$h = \frac{l}{0,5} = \frac{0,11}{0,5} = 0,22 \text{ (м)}.$$

Розрахункову товщину ребра лапи при $k = 0,6$ [11] визначаємо за формулою:

$$s_p = \frac{2,24 \cdot Q}{k \cdot z \cdot \sigma \cdot l} = \frac{2,24 \cdot 0,00507}{0,6 \cdot 2 \cdot 134 \cdot 0,11} \approx 0,00064 \text{ (мм)}. \quad (3.12)$$

де z – кількість ребер в лапі-опорі; $z = 2$ [11].

Відношення $l/13 = 0,11/13 = 0,0085 > s_p = 0,00064$.

Приймаємо з урахуванням на збільшення і корозію товщину ребра $s = 6$ мм.

Ребра приварюються до корпусу суцільним круговим швом з катетом

$$h_{\text{ш}} = 3 \text{ мм}.$$

Загальна довжина зварного шва становить:

$$L_{\text{ш}} = 4(h + s) = 4(0,22 + 0,006) = 0,904 \text{ (м)}. \quad (3.13)$$

Міцність зварного шва при $\tau_{\text{сд}} = 80 \text{ МН} / \text{м}^2$ перевіряємо за формулою:

$$Q = 0,00507 \text{ МН} < 0,7 L_{\text{ш}} h_{\text{ш}} \tau_{\text{сд}} = 0,7 \cdot 0,904 \cdot 0,003 \cdot 80 = 0,152 \text{ МН} \quad (3.14)$$

Міцність забезпечено.

Вибираємо стандартний тип лапи з накладними листом:

Опора 1 – 1000 ОСТ 26-665-79.

						ХІ.С.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			30

4 Монтаж і ремонт апарату киплячого шару

4.1 Монтаж апарату [12, 13]

Роботи по будівництву споруд та будівель доручають будівельній організації – генеральному підрядчику. Ця організація долучає в якості субпідрядників спеціалізовані організації для виконання монтажних, сантехнічних, електротехнічних, теплоізоляційних та інших робіт.

Для виконання монтажних робіт розробляється проект проведення робіт (ППР), який містить:

- відомості про об'єми монтажних робіт та кошторисно-фінансові розрахунки за трудовими затратами;
- об'єми виготовлення металоконструкцій і трубопроводів, а також трудові витрати на їх виготовлення і монтаж;
- технічні рішення по монтажу обладнання із застосуванням вантажопідіймних кранів і засобів механізації;
- графік суміщеного проведення будівельних, монтажних і спеціальних робіт, що виконуються всіма організаціями на об'єкті; робочі креслення металоконструкцій і трубопроводів, а також схеми і технологічні карти на послідовність монтажу металоконструкцій і трубопроводів;
- перелік монтажного обладнання, механізмів, інструментів та матеріалів, необхідних для виконання монтажних робіт;
- креслення на необхідні помости, ліса, драбини та площадки для виконання робіт на висоті;
- перелік заходів з техніки безпеки і охорони праці.

Монтаж установок киплячого шару проводять за допомогою самохідних стрілових кранів. Після установки обладнання на фундамент проводять вивірку за відхиленнями від проектних осей і відміток в горизонтальному і вертикальному напрямках. Вибір способу провадження монтажних робіт і використовуваних механізмів залежить від конструкції, маси і габаритів обладнання.

на міцність і щільність з'єднань (швів, фланців, прокладок) і приєднання його до комунікацій.

Установку на фундамент можна проводити будь-яким наявним механізмом достатньої вантажопідйомності: мостовими кранами, тельферами, електроталями, автокранами, щоглами і т. д. При відсутності зазначених механізмів в зоні монтажу можуть бути застосовані ручні талі, домкрати та інші прості таке-лажні пристрої.

Встановлений апарат піддається вивірці по осях, висотним відміткам і орієнтації штуцерів і патрубків щодо комунікацій.

Допустимі відхилення по осях і висоті лежать в межах ± 2 мм для апаратів, що стоять групами, ± 5 мм для окремо розташованих апаратів.

Під час вивірення апаратів за базу приймають фланці горловини і штуцери. Вивірка апарату здійснюється: по осях за допомогою нівеліра або гідростатичного рівня; по відстані між апаратами – за допомогою рулетки.

Основна увага при монтажі має приділятися щільності фланцевих з'єднань. Установка прокладок на місце повинна проводитися дуже ретельно, робоча поверхня фланців повинна бути очищена від бруду та іржі. Для того щоб прокладка не змістити зі свого місця (при плоских фланцях), її прив'язують до фланця нитками.

4.2 Ремонт апарату [13]

У процесі експлуатації технологічного обладнання спостерігаються відхилення від норми в роботі обладнання і вихід його з ладу. Для підтримки обладнання в робочому стані передбачена система технічного обслуговування і ремонтів. Передбачено капітальний і технологічний ремонти обладнання.

Технологічний ремонт – це ремонт, який здійснюється в процесі експлуатації для забезпечення працездатності обладнання, що складається в заміні і відновленні окремих його частин і їх регулювання.

Капітальний ремонт – це ремонт, який здійснюється з метою відновлення ресурсу обладнання з заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові, їх регулювання.

Система ремонтів включає в себе технологічний огляд, поточний, середній і капітальний ремонти.

Розглянемо найбільш розповсюджені неполадки в роботі сушарки киплячого шару, а також способи їх усунення.

1. Не відбувається подачі матеріалу в апарат.

Причини неполадок: зупинка живильника або конвеєра через несправність електродвигуна.

Способи усунення: ліквідувати несправність живильника, конвеєра або бункера та відновити подачу матеріалу.

2. Різке падіння рівня в збірниках при нормальній подачі.

Причини неполадок: забивка комунікацій або зупинка насоса.

Способи усунення: очистити та промити комунікації, ліквідувати несправність насосу.

3. Підвищення рівня в збірнику.

Причини неполадок: несправність насосу.

Способи усунення: налагодити роботу насосу.

4. Підвищений гідравлічний опір шару гранул в апараті.

Причини неполадок: збільшення висоти киплячого шару. Утворення крупних агломератів та гранул.

Способи усунення: перевірити режим роботи апарату та налагодити роботу розвантажувального патрубку.

5. Відрив полум'я в топці.

Причини неполадок: швидкість газоповітряної суміші на виході з топки більше швидкості поширення полум'я.

Способи усунення: зменшити подачу газу та первинного повітря в топці.

6. Спостерігається проскакування полум'я в пальник топки апарата.

Причини неполадок: швидкість газоповітряної суміші на виході з топки менше швидкості поширення полум'я.

Способи усунення: збільшити подачу газу та первинного повітря.

7. Зниження інтенсивності перемішування та висоти киплячого шару в апараті.

Причини неполадок: забивка газорозподільної решітки; несправність компресора, ресивера.

Способи усунення: зупинити апарат та прочистити газорозподільну решітку; перевірити роботу компресора та ресивера.

8. Підвищення температури димових газів на виході з топок.

Причини неполадок: нестача первинного та вторинного повітря в топці.

Способи усунення: відрегулювати подачу первинного та вторинного повітря.

9. Підвищена вологість продукту на виході з апарату.

Причини неполадок: недостатня подача або температура теплоносія.

Способи усунення: відрегулювати подачу та температуру теплоносія.

10. Механічні неполадки обладнання.

Причини неполадок: зношування окремих деталей, корпусів апаратів тощо; несвоєчасний планово-попереджувальний ремонт; погане обслуговування.

Способи усунення: своєчасно проводити заміну деталей та дотримуватись графіку планово-попереджувального ремонту.

Капітальний ремонт сушарки киплячого шару складається з наступних операцій:

1. Роз'єднують фланцеві стики, знімається трубна обв'язка, оглядове скло, кришки люків, кришку апарату, верхню та нижню секції апарату, перфоровану газорозподільчу решітку.

2. Встановлюють заглушки. Очищують та промивають апарат і газорозподільчу решітку. Розбраковують деталі, дефектні деталі замінюються.

3. Виготовляють комплект прокладок. Встановлюють перфоровану решітку, прокладки, нижню частину апарату, верхню кришку апаратів, оглядові вікна, люки.

4. Знімають заглушки. З'єднують фланцеві стики та встановлюють трубну обв'язку. Випробовують апарат та здають його в експлуатацію, після заповнення відповідних ремонтних документів.

5 Охорона праці

Фактори, що визначають наслідки ураження електричним струмом людини [14–16]. Види уражень [17].

Відповідно до ГОСТ 12.1.019-2009 «Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту» ступінь небезпечного і шкідливого впливу на людину електричного струму, залежить від:

- роду і величини напруги і струму;
- частоти електричного струму;
- шляху струму через тіло людини;
- тривалості впливу електричного струму на організм людини;
- умов зовнішнього середовища.

Існує ще ряд важливих факторів не зазначених в ГОСТі: опір тіла людини, стан здоров'я і психічний стан людини, фактор уваги і т.д.

Значення струму. Одним із найважливіших факторів, що обумовлюють ступінь ураження людини, є значення струму. Для характеристики впливу електричного струму на людину встановлено три критерії (ГОСТ 12.1.009-76):

- пороговий відчутний струм (найменше значення сили електричного струму, що викликає при проходженні через організм людини відчутні подразнення);
- пороговий невідпускний ток (найменше значення сили електричного струму, що викликає при проходженні через організм судомні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник);
- пороговий фібриляційний ток (найменше значення сили електричного струму, що викликає при проходженні через організм фібриляцію серця).

Значення порогових струмів не нормуються, проте в деяких літературних джерелах можна зустріти їх орієнтовні значення.

Очевидно, що чим вище значення струму, який протікає через організм людини, тим більшу небезпеку він представляє. Тривалий час смертельним

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

вважався ток значенням 100 мА. Малі значення струмів (у кілька міліампер) рідко призводять до ураження людини зі смертельними наслідками, проте такі випадки зустрічаються. Значення струмів від декількох десятків (сотень) міліампер і вище (орієнтовно від 100 мА до 5 А) при тривалому протіканні через організм людини (більше 1 с) можуть привести до фібриляції серця (безладні скорочення м'язів серця). Помічено, що великі значення струмів (орієнтовно понад 5 А) не викликають фібриляцію серця. Смерть в таких випадках настає, як правило, від паралічу дихання або в результаті великих опіків поверхні тіла людини.

Слід зазначити, що відомі випадки, коли при ураженні електричним струмом в кілька ампер (7–8 А) людина залишалася живою, незважаючи на сильні опіки. Таким чином, не можна назвати значення струму яке є смертельним для людини! У нормативних документах немає поняття і тим більше значень смертельного струму. У ГОСТ 12.1.038 наводяться лише гранично допустимі значення струмів для певних умов ураження.

Значення напруги. Напруга дотику це один із параметрів, що застосовується для нормування вимог електробезпеки. ГОСТом 12.1.038 встановлені гранично допустимі значення напруг дотиків для різних умов ураження електричним струмом. Ступінь небезпеки ураження електричним струмом пропорційна величині напруги дотику людини. Від напруги дотику залежить такий важливий фактор, що впливає на результат ураження електричним струмом, як опір тіла людини. Як і для струму не можна назвати значення напруги, що є смертельною для людини. Відомі випадки ураження зі смертельними наслідками при нарузі дотику нижче 50 В (і навіть нижче 12 В), і навпаки, благополучні результати при ураженні напругою кілька кіловольт.

Раніше існував термін «напруга безпеки», значення цієї напруги дорівнювало 12 В, але із сучасних нормативних документів цей термін виключений. На даний час, відповідно до ТКП 339-2011 і ПУЕ 7, існує поняття «наднизьке

					XI.C.00.00.00 ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

споживання (мале) напруги». У ПУЕ 7 говориться, що ця напруга, яка не перевищує 50 В змінного і 120 В постійного струму.

Рід і частота струму. Найбільш небезпечним є змінний струм промислової частоти. Збільшення частоти струму, що протікає через тіло людини, супроводжується зниженням безпеки ураження. Вважається, що при частотах вище 500 кГц струм не може викликати зупинку серця і дихання, однак зберігається безпека опіків. Постійний струм безпечніше змінного, але це характерно тільки для значення напруги дотику менш 500 В, при великій напрузі небезпечніше стає постійний струм. Змінний і постійний струми по різному впливають на людину. При дотику до струмоведучих частин, що перебувають під напругою, змінний струм протікаючий через людину призводить до судомних скорочень м'язів руки, в якій затиснутий провідник, при цьому потерпілий самостійно не може звільнитися від дії струму. Постійний струм призводить до відкидання потерпілого від струмопровідних частин, що може привести до механічних пошкоджень (вивихи, забиті місця, переломи і т.п.).

Шлях протікання струму. Істотне значення має і шлях протікання струму через тіло людини. Найбільш часто зустрічаються шляхи протікання струму через організм людини: права рука – ноги, ліва рука – ноги, рука – рука, нога – нога.

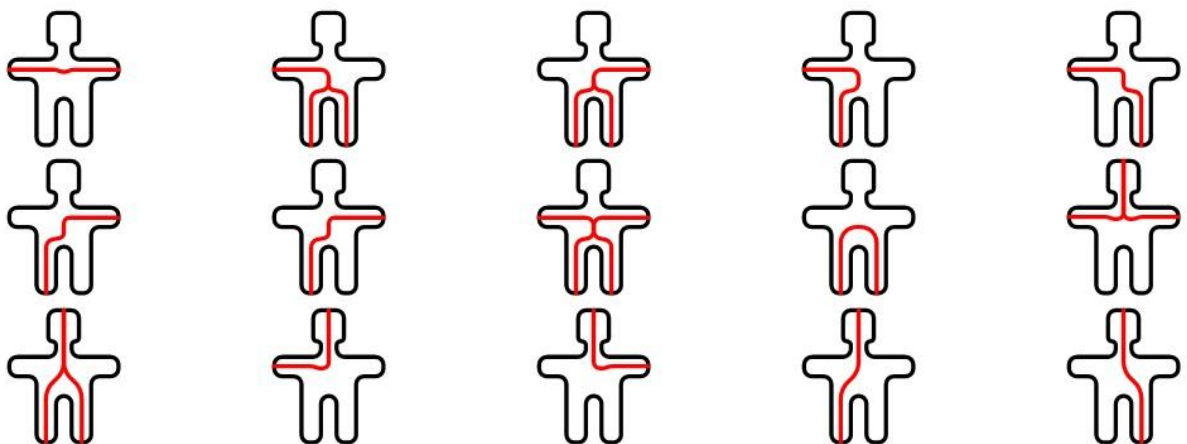


Рисунок 5.1 – Можливі шляхи протікання струму через тіло людини

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Найбільша небезпека виникає при безпосередньому проходженні струму через життєво важливі органи (серце, легені, головний мозок). Тому найбільш небезпечними слід визнати шляхи протікання: ліва рука – ноги, рука – рука, а також голова – рука, голова – ноги. Найменш небезпечний шлях струму, що найбільш часто зустрічається, є шлях нога – нога, коли людина потрапляє під крокову напругу. Небезпека ураження електричним струмом залежить також від місця контакту тіла людини зі струмоведучою частиною, тобто від місця «входу струму» в організм. Наприклад, при торканні людини струмоведучої частини рукою, струм може входити через долоню або тильну частину руки, через пальці або всю поверхню руки і т. д. Пояснюється вплив місця «входу струму» на результат ураження наступним. По-перше, в організмі людини існують так звані рефлексогенні зони, тобто зони з великим скупченням нервових закінчень, подразнення яких вельми небезпечне. По-друге, крім прямого впливу струму на різні органи людини (перш за все серце) існує ще рефлекторний (непрямий) вплив. При рефлекторній дії струму, він формує своєрідні нервові імпульси, отримуючи які, центральна нервова система може подати недоцільну виконавчу команду органам, у тому числі і не лежачим на шляху струму (наприклад, викликати фібриляцію серця). Найбільш небезпечними місцями входу струму є: тильна сторона долоні, шия, гомілка, віскі, груди. Слід зазначити, що дані місця на тілі людини мають підвищену електропровідність.

Тривалість протікання струму. Аналіз нещасних випадків із людьми від впливу електричного струму і дані дослідів над тваринами показують, що тривалість проходження струму через організм істотно впливає на результат ураження: чим триваліша дія струму, тим більша ймовірність важкого або смертельного результату. Із плином часу різко падає опір шкіри людини, більш імовірним стає ураження серця і накопичуються інші негативні наслідки.

Відомо, що величина струму, що проходить через тіло людини (мА), що не викликає фібриляцію серця у 99,5 % постраждалих, пов'язана із часом його впливу.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 усі гранично допустимі значення напруги і струму встановлені в функції часу. При збільшенні часу впливу значення напруг і струмів повинні бути зменшені. Як і для багатьох інших факторів можна назвати безпечне значення тривалості протікання струму через організм людини. Спостерігалися ураження з тяжким наслідком, навіть при невеликих токах і дуже малої тривалості існування електричного кола через тіло людини (частки секунди), з іншого боку фіксувалися сприятливі наслідки при тривалості ураження в кілька секунд і більше.

Умови зовнішнього середовища. До факторів навколишнього середовища, що впливають на результат ураження електричним струмом, відносяться: атмосферний тиск, температура, вологість, електричне або магнітне поля та ін. Підвищення температури повітря впливає на потовиділення у людини, в результаті падає електричний опір його тіла і зростає небезпека ураження електричним струмом. Така ж залежність опору тіла людини характерна і для вологості. Вплив зазначених факторів (температура і вологість) зафіксовано в ГОСТ 12.1.038-82: напруги дотику і струми для осіб, які виконують роботу в умовах високих температур (вище 25°C) і вологості (відносна вологість понад 75 %) , повинні бути зменшені в три рази. При підвищенні атмосферного тиску небезпека ураження знижується і, навпаки, в гірській місцевості, де атмосферний тиск знижений, небезпека електричного струму для живих організмів підвищується.

Опір тіла людини. На результат ураження сильно впливає опір тіла людини, який змінюється в дуже великих межах. Найбільшим опором володіє верхній шар шкіри товщиною близько 0,2 мм, що складається з мертвих ороговілих клітин. Загальна електричний опір тіла людини в сухій, чистій і неушкодженій шкірі, виміряний при напрузі до 15–20 В, знаходиться приблизно в межах 3–1000 кОм і більше; опір внутрішніх тканин тіла – 300–500 Ом. Дослідження показали, що найменшим опором володіють поверхні обличчя (особливо чола), долонь, підошов і пахвових западин. Опір тіла людини залежить

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

від ряду факторів: тривалості протікання струму через організм людини; величини напруги дотику і струму, що протікає через організм людини; ступеня зволоження шкіри і наявності її пошкоджень; стану нервової системи людини; статі; віку і т. д.

У МЕК 60479-1 вказані наступні фактори: тип джерела енергії (змінний або постійний струм), значення напруги дотику, шлях струму через тіло, область контакту зі шкірою (ГОСТ Р 55629-2013), стан шкіри в області контакту (волога солоня, волога, суха). Наприклад, опір тіла людини становить при струмі 0,1 мА близько 500 кОм, знижується при струмі 10 мА до 8 кОм. При значеннях напруги дотику приблизно 50 В і більше починає проявлятися явище пробоя верхнього шару шкіри, що призводить до різкого зниження опору тіла людини, і при значеннях напруги 250 В і вище загальний опір людини наближається до опору його внутрішніх тканин. Опір внутрішніх тканин не залежить від напруги дотику, а визначається температурою тіла. При різних розрахунках, пов'язаних із забезпеченням електробезпеки і розслідуванням електротравм, опір тіла людини в електричному ланцюзі при частоті 50 Гц (відповідно до ГОСТ 12.1.038) моделюється резистором опору значенням від 0,85 до 6,7 кОм, у залежності від умов ураження електричним струмом. Наприклад, при аварійному режимі виробничих електроустановок з частотою струму 50 Гц, напругою вище 1000 В, із глухим заземленням нейтралі опір тіла людини приймається рівним 1 кОм.

Стан здоров'я і психічний стан людини. Аналіз нещасних випадків при ураженні електричним струмом показує, що результат ураження пов'язаний з медико-біологічними особливостями людини, станом його здоров'я. Фізично здорові і міцні люди легше переносять електротравми, ніж хворі і слабкі. Деякі захворювання людини (хвороби шкіри, серцево-судинної системи, легенів, нервові хвороби та ін.) роблять його більш сприйнятливим до електричного струму. Тому до обслуговування електроустановок допускаються тільки особи, які пройшли спеціальний медичний огляд.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Фактор уваги. Численні досліди, проведені на тваринах показують, що результат ураження електричним струмом залежить від того очікує потерпілий електричний удар чи ні. Один із основоположників електробезпеки, австрійський дослідник С. Еллінек провів ряд дослідів на кішках. Ті що перебували в спокійному стані, гинули від напруги 220 В, а ті, яких дражнили палицею і при цьому подавали таку ж напругу, сприймали електричний удар, як удар палицею і кидалися на експериментатора.

Крім описаних вище, існують і інші чинники, що впливають на результат ураження людини електричним струмом. Вплив зазначених факторів окремо або спільно пояснює важкість ураження людини, в тому числі, і ураження зі смертельними наслідками, при здавалося б, на перший погляд, безпечних умовах ураження, а також випадки коли людина виживала при впливі на нього «смертельних» значень струмів і напруг.

Види уражень електричним струмом. Електричний опік – найпоширеніша електротравма. Як правило, опіки є наслідком випадкових коротких замикань в електроустановках, при відключеннях роз'єднувачів і рубильників під навантаженням і т. п. Причому 85 % усіх опіків доводиться на електромонтерів, які обслуговують електроустановки.

Залежно від умов виникнення розрізняють три види опіків: *струмовий*, або контактний, що виникає при проходженні струму безпосередньо через тіло людини в результаті контакту людини зі струмоведучою частиною; *дуговий*, обумовлений впливом на тіло людини електричної дуги, але без проходження струму через тіло людини; *змішаний*, який є результатом дії одночасно обох зазначених факторів, тобто дії електричної дуги та проходження струму через тіло людини.

По тяжкості електричні опіки можуть бути будь-якого ступеня. В електроустановках щодо невеликої напруги – не вище 380 В – переважає виникнення опіків I та II ступенів, при напрузі вище 380 В виникають більш важкі опіки – III і IV ступенів.

Електричні знаки на тілі людини виникають у результаті хімічного або теплового (до 110–115°C), а також спільного хімічного і теплового впливу електричного струму. Зазвичай різко окреслені знаки сірого або блідо-жовтого кольору мають круглу або овальну форму. Зустрічаються також знаки у вигляді ліній і дрібнокрапкового татуювання. Іноді форма знака відповідає формі струмоведучих частини, якої торкнувся потерпілий. Уражена ділянка шкіри твердне, відбувається омертвіння верхнього шару шкіри.

Як правило, електричні знаки безболісні і лікування їх закінчується благополучно: із плином часу верхній шар шкіри сходить і уражене місце набуває первинного кольору, еластичності і чутливості.

Електричні знаки зустрічаються досить часто: вони виникають приблизно у п'ятої частини постраждалих від електричного струму.

Металізація шкіри – проникнення в шкіру найдрібніших частинок розплавленого під дією електричної дуги металу. Таке явище зустрічається при коротких замиканнях, відключеннях роз'єднувачів і рубильників під навантаженням і т. п. При цьому дрібні бризки розплавленого металу під дією виниклих динамічних сил і теплового потоку, розлітаючись в різні боки з великою швидкістю, проникають у верхні шари шкіри відкритих частин тіла – руки і обличчя. Зазвичай із плином часу пошкоджена шкіра сходить і уражена ділянка набуває нормального вигляду. Разом із тим зникають і всі хворобливі відчуття, пов'язані з цією травмою. Лише при ураженні очей лікування може виявитися тривалим і складним, а в деяких випадках і безрезультатним.

Металізація шкіри спостерігається у 10 % постраждалих від електричного струму. Причому в більшості випадків одночасно з металізацією відбувається опік електричною дугою, який завжди викликає більш важкі ураження, ніж металізація.

Механічні ушкодження є, як правило, серйозними травмами, які вимагають тривалого лікування. Вони виникають при тривалому перебуванні лю-

дини під напругою в установках до 380 В. Механічні пошкодження зустрічаються рідко – приблизно у 3 % осіб, які постраждали від струму.

Механічні пошкодження супроводжуються електричним ударом, оскільки вони викликаються струмом, що проходить через тіло людини. Часто механічні пошкодження супроводжуються опіками тіла.

Електричний удар, як це вже визначено вище, – збудження живих тканин людини, викликане протіканням через нього електричного струму і супроводжується мимовільними судорожними скороченнями м'язів.

Залежно від результату ураження електричні удари можуть бути умовно розділені на наступні чотири ступені:

I – судорожне скорочення м'язів без втрати свідомості;

II – судорожне скорочення м'язів із втратою свідомості, але зі збереженими диханням і роботою серця;

III – втрата свідомості і порушення серцевої діяльності або подиху (або того й іншого разом);

IV – відсутність дихання і кровообігу, тобто смерть.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

XI.C.00.00.00 ПЗ

Список використаних джерел

1. Хлорид натрия – важнейший химический реактив [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pcgroup.ru/blog/hlorid-natriya-vazhnejshij-himicheskij-reaktiv/>
2. Технология получения технического хлористого натрия из галитовых хвостов / Х. Б. Рахматов, Муроджон Абдусалимзода Самадий, А. Н. Ахмедов [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 19 (99). – С. 60–63.
3. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 32 с.
4. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
5. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. – М. : Химия, 1970. – 432 с.
6. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок / П. Д. Лебедев. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1963. – 320 с.
7. Лазинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лазинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
8. Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лазинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
9. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
10. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.
11. 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, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М. Ф. Михалева. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 301 с.

12. Гайдамак К. М. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности / К. М. Гайдамак, Б. А. Тыркин. – М. : Высшая школа, 1974. – 286 с.

13. 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.

14. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://elektromontagnik.ru/?address=lectures/part7/&page=page2>

15. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://delta-grup.ru/bibliot/16/45.htm>

16. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.yaklass.ru/p/fizika/8-klass/izuchaem-elektricheskie-iavleniia-12351/korotкое-zamykanie-elektrobezopasnost-plavkie-predokhraniteli-295276/re-0fa5384c-7bdb-4d2d-b363-283b86530f2f>

17. Виды поражений электрическим током [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://delta-grup.ru/bibliot/16/43.htm>
