

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» 06 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» 06 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: Розробка ежекційного пристрою сульфітатора барометричної води типу А2-ПСК-3

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-2

Тимченко Іван Вячеславович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Пономаренко Віталій Васильович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО
(ім'я та прізвище) (підпис)

(ім'я та прізвище) (підпис)

(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ:

*Завідувач кафедри ТОКТП
проф.Микола ЯКИМЧУК*

«05» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на випускову кваліфікаційну роботу (дипломний проект) здобувача

Тимченко Іван Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) “Розробка ежекційного пристрою сульфідатора барометричної води типу А2-ПСК-3”.

затверджена наказом по університету від “05” квітня 2024 р. № 256-кс

Керівник проекту (роботи) Пономаренко Віталій Васильович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Термін здачі студентом закінченого проекту «04» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): технічний паспорт обладнання;

кресленники обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): *анотація, зміст; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту, опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу і технічного сервісу, опис системи управління, заходи щодо охорони праці, загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.*

5. Перелік графічного матеріалу:

- загальний вигляд сульфідатора А2-ПСК-3, креслення модернізованого вузла, креслення сіркоспалювальної печі, креслення ключової деталі, схема системи управління, креслення технологічного маршруту виготовлення деталі.

6. Консультанти з проекту із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>	<i>Бойко Ю.І., доц. кафедри МАХФВ</i>		

Дата видачі завдання “__” _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>26.04.24</i>	Виконано
2	<i>Вступ</i>	<i>27.04.24</i>	Виконано
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	<i>29.04.24</i>	Виконано
4	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.</i>	<i>30.04.24</i>	Виконано
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	<i>04.05.24</i>	Виконано
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	<i>06.05.24</i>	Виконано
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>17.05.24</i>	Виконано
8	<i>Розрахункова частина</i>	<i>18.05.24</i>	Виконано
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	<i>20.05.24</i>	Виконано
10	<i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i>	<i>23.05.24</i>	Виконано
11	<i>Опис системи управління</i>	<i>24.05.24</i>	Виконано
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	<i>25.05.24</i>	Виконано
13	<i>Висновки</i>	<i>28.05.24</i>	Виконано
14	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	<i>29.05.24</i>	Виконано
15	<i>Подання ДП на кафедру</i>	<i>01.06.24</i>	Виконано

Студент

(підпис)

Іван ТИМЧЕНКО

(ім'я та прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Віталій ПОНОМАРЕНКО

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Тема представленої кваліфікаційної роботи «Розробка ежекційного пристрою сульфітатора барометричної води типу А2-ПСК-3».

У роботі здійснено модернізацію рідинно-струменевого сульфітатора А2-ПСК-3 шляхом заміни ежекційного апарату. Запропонований рідинно-газовий ежектор складається з приймальної камери, до якої з одного торця під'єднано робоче сопло та патрубки подачі газу, а до протилежного – камеру змішування у вигляді циліндричної труби. У приймальній камері розміщено конічну насадку, яка розширюється в бік камери змішування на кут $3...8^\circ$ менший за кут факела розпилення рідини з робочого сопла ежектора. На торці конічної насадки встановлено конфузор, а в самій насадці виконано отвори та встановлено направляючі обичайки, що виконують функцію дефлектора газу. Насадок підвищує коефіцієнт ежекції завдяки зменшенню гідравлічних втрат на вході в камеру змішування. Камера змішування була подовжена на 1600 мм у порівнянні з камерою змішування типового сульфітатора. Це забезпечує краще змішування фаз і більш повне використання сірчистого газу. Пілотні дослідження даної конструкції підтвердили, що коефіцієнт ежекції збільшився на 15...55% у порівнянні з ежектором класичної конструкції.

Пояснювальна записка викладена на 90 сторінках, на яких подані 6 таблиць, 15 рисунків.. В додатках присутні 3 специфікації, список наукових робіт і CFD-моделювання ежектора. Графічна частина складається з 5 листів формату А1, 2 листів формату А3 і 4 листів А4, на яких зображено загальний вигляд апарату, модернізований вузол та деталь модернізованого вузла.

Ключові слова: сульфітатор, ежектор, форсунка, барометрична вода, цукор.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Анотація	200289.KP.08.000 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

ANNOTATION

The topic of the presented qualification work is "Development of the ejection device of barometric water sulfitator type A2-PSK-3".

In the work, the modernization of the liquid-jet sulfitator A2-PSK-3 was carried out by replacing the ejection device. The proposed liquid-gas ejector consists of a receiving chamber, to which a working nozzle and gas supply nozzles are connected from one end, and a mixing chamber in the form of a cylindrical pipe is connected to the opposite end. A conical nozzle is placed in the receiving chamber, which expands towards the mixing chamber at an angle $3...8^\circ$ smaller than the angle of the flame of liquid spraying from the working nozzle of the ejector. A confusor is installed on the end of the conical nozzle, and in the nozzle itself, holes are made and guide rods are installed, which perform the function of a gas deflector. The nozzle increases the ejection coefficient due to the reduction of hydraulic losses at the entrance to the mixing chamber. The mixing chamber was extended by 1600 mm compared to the mixing chamber of a typical sulfitator. This ensures better mixing of the phases and more complete utilization of the sulfur gas. Pilot studies of this design confirmed that the ejection coefficient increased by 15...55% compared to the ejector of the classic design.

The explanatory note is laid out on 90 pages, on which 6 tables and 15 figures are presented. The appendices include 3 specifications, a list of scientific works and a CFD-modeling of the ejector. The graphic part consists of 5 sheets of A1 format, 2 sheets of A3 format and 4 sheets of A4, which depict the general appearance of the device, the modernized unit, and a detail of the modernized unit.

Key words: sulfitator, ejector, nozzle, barometric water, sugar.

ЗМІСТ

	ст.
АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП	8
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	9
2. Техніко-економічне та соціальне обґрунтування	21
3. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції	27
4. Опис запропонованого технічного рішення і принцип роботи обладнання .	30
5. Розрахункова частина	35
5.1 Розрахунок і конструювання елемента укріплення	35
5.2 Розрахунок і конструювання фланцевого з'єднання	37
5.3 Розрахунок і конструювання опор апарата	39
5.4 Розрахунок форсунок для ежекційного апарату	41
5.5 Визначення витрати продукту	43
5.6 Гідравлічний розрахунок технологічних трубопроводів	44
6. Вибір конструкційних матеріалів	48
7. Технологічний маршрут виготовлення фланця	50
7.1 Службове призначення деталі	50
7.2 Вибір припусків	50
7.3. Розроблення технологічного маршруту виготовлення деталі	51
7.4 Розрахунок режимів різання	52
7.5 Визначення норм часу на виконання токарної операції	57
8. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання	58
8.1 Монтаж	58
8.2 Експлуатація	59
8.3 Ремонт	61

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Зміст	200289.КР.08.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2

9. Опис системи управління	62
10. Заходи з охорони праці	66
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	77
ДОДАТКИ	79
Специфікація до збірного креслення	79
Специфікація до модернізованого вузла	81
Специфікація до камери змішування	82
CFD-моделювання ежектора	83
Перелік наукових робіт	88

ВСТУП

Сульфітація є процесом обробки сірчистим ангідридом та його розчинами, або сульфатами, води, соків та сиропів з метою їх знебарвлення, зниження в'язкості та стерилізації.

У цукровій промисловості за технологічною схемою сульфітації піддаються фільтрований сік II сатурації, барометрична вода, суміші сиропу та клеровки з водою, що подається на дифузії. Під час проведення процесу сульфітації лужність соку (сиропу) знижується до 0,005% CaO (рН 7,5-8).

Сульфітація відбувається у спеціальних апаратах, що відомі як сульфітатори. В сучасній промисловості застосовуються сульфітатори безперервної дії.

Сульфітатори можуть мати форму зрошувальних (у системі "сік в газі"), шарових (у системі "газ в сокові"), або ежекційних (рідинно-струменевих). Опір, що зустрічає газ при пропусканні через зрошувальний сульфітатор, менший порівняно з шаровим, тому подачу газу в перший тип можна забезпечити за допомогою вентиляторів, а не компресорів, як у шарових сульфітаторах. Національна промисловість не виробляє шарові сульфітатори. Подача газу у рідинно-струменевих сульфітаторах здійснюється за рахунок ежекції струменя рідини. Рідинно-струменеві сульфітатори широко застосовуються на багатьох вітчизняних цукрових заводах.

На цукрових заводах США проводять сульфітацію соку II сатурації, суміші сиропу з клеровкою та перший відтік утфелю I кристалізації. На західноєвропейських заводах поглиблену сульфітацію рідко проводять через високий вміст SO₂ у цукрі-піску, або взагалі не застосовують, обмежуючись строгим дотриманням технологічного регламенту.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Вступ	200289.KP.08.000 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1	

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Зрошувальні сульфідатори типу СО-1,5 і СО-1,8

Зрошувальні сульфідатори застосовуються для сульфітації соку, сиропу і барометричної води, які поступають до дифузійних установок.

У цьому типі сульфідатора сірчистий газ, який отримують з сіркоспалювальних печей, використовується як сульфітуючий агент.

Чавунний циліндричний корпус 8 сульфідатора типу СО-1,8 складається з п'яти вертикальних царг, які встановлені одна на одну. Верхні кінці нижніх царг розширені для створення невеликого кільцевого зазору, заповненого розплавленою сіркою. Нижнє 1 та верхнє 12 днища об'єднані з царгами за допомогою фланцевих з'єднань 11, які містять отвори 20 і 13 відповідно для виходу рідини і видалення відпрацьованого газу.

Усередині корпусу розташовані чавунні розподільні решітки 6 на кронштейнах 5, які складаються з окремих секцій. Решітки мають щілиноподібні отвори трапецеїдальної форми і розташовані так, що щілиноподібні отвори сусідніх решіток повернуті один відносно одного на 90° для кращого розпилення рідини.

У верхній частині корпусу розташована розподільна сітчаста тарілка 9, на яку рідина, яка підлягає сульфітації, подається через патрубок.

У нижній частині корпусу розташований пристрій для подачі газу, який має форму кільцевого коритоподібного барботера 2 (відкритого знизу) з зубчастими краями у нижній частині стінок. Газ подається в барботер через патрубки 3 і 16.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	200289.KP.08.001 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/12

Для огляду та очищення сульфітатора, а також заміни решіток, передбачені люки 7. Сульфітатор також обладнаний пробним краником 18, оглядовим склом 4, переливним коліном 19 у контрольний ящик 77, 14 вловлювачем і вихідним патрубком 15.

Рідина, яка підлягає сульфітації, надходить через патрубок 10 на конічну тарілку 9 і, протікаючи по ній, витікає через отвори, рівномірно розподіляючись по всьому перетину апарату у вигляді струменів. При зіткненні з нижніми решітками, струмені розплескуються і знову витікають у вигляді струменів через отвори решіток і так далі. Протягом цього процесу струмені рідини знаходяться у контакті з сірчистим газом, який рухається від низу догори. Газ подається в сульфітатор через патрубки 3 і 16, потрапляє до кільцевого барботера 2 і розподіляється по перетину апарату. Відпрацьований газ видаляється з сульфітатора через отвір 13, а потім через витяжну трубу в атмосферу. Відпрацьована рідина збирається в нижній частині корпусу і, через вихідний отвір 20, переливне коліно 19 і контрольний ящик 17, подається на наступну технологічну операцію.

Сульфітатор типу СО-1,5 відрізняється від сульфітатора СО-1,8 (рис. 1.1) тим, що патрубок подачі рідини він має співвісний з корпусом, а отвір для виходу відпрацьованого газу зміщений до периферії. Крім того, його корпус складається з чотирьох чавунних царг, які з'єднані між собою за допомогою фланцевих з'єднань.

Таблиця 1.1. Технічна характеристика зрошувальних сульфітаторів

	СО-1,5	СО-1,8
Продуктивність, т/год:		
– для соку та води	1500	2500
– для сиропу	3000	5000
Коефіцієнт використання сірчистого ангідриду:		
– для соку та води	0,99	
– для сиропу	0,60	
Внутрішній діаметр корпусу, мм	1500	1800
Габаритні розміри, мм:		
– довжина	2080	2600
– ширина	1770	1950
– висота	3990	6340

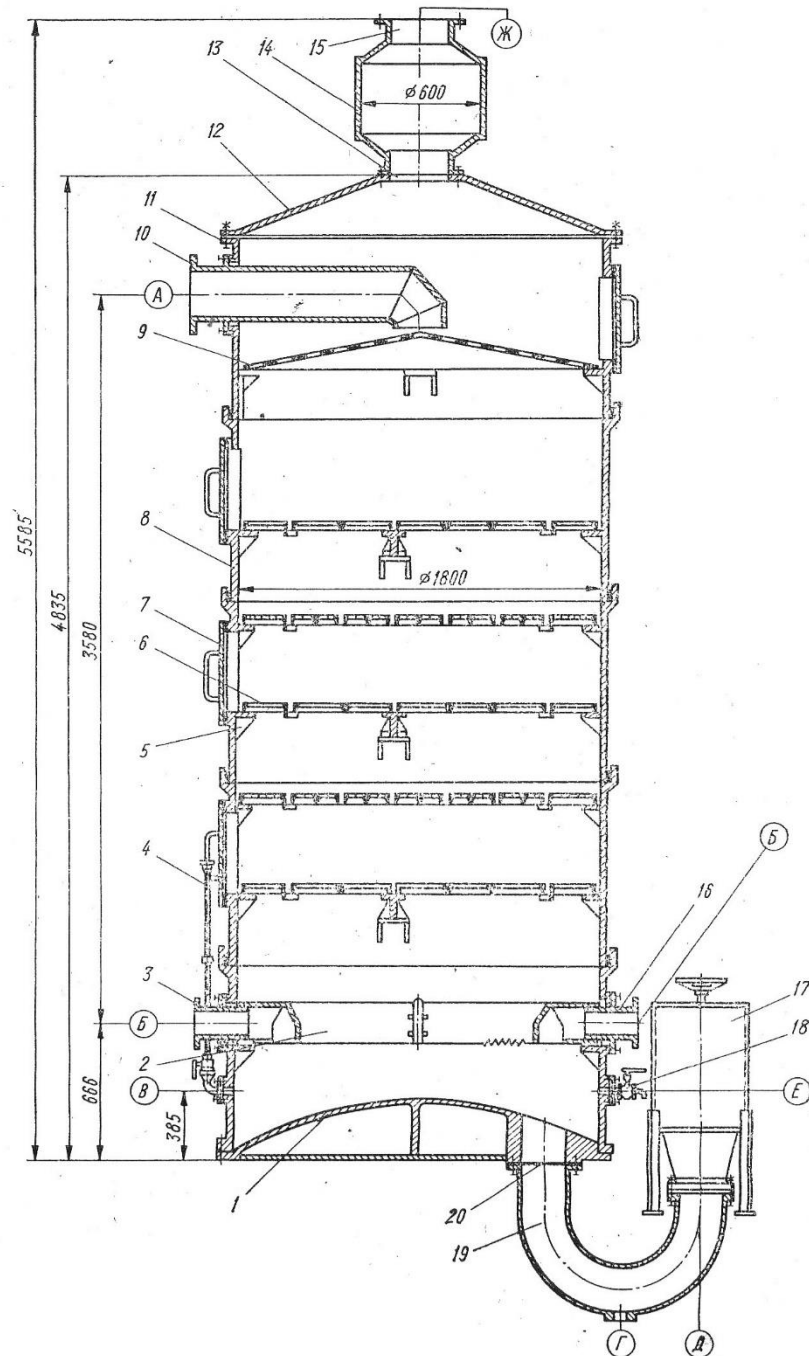


Рис. 1.1. Зрошувальний сульфітатор СО 1,8

1. Днище; 2. Кільцевий коритоподібний барботер; 3,16. Патрубки подачі газу; 4. Оглядове скло; 5. Кронштейн; 6. Розподільчі решітки; 7. Люки; 8. Циліндричний корпус; 9. Розподільча тарілка; 10. Патрубок подачі рідини; 11. Кріпильні болти; 12. Кришка; 13. Отвір; 14. Вловлювач; 15. Випускний патрубок; 17. Контрольний ящик; 18. Пробний кран; 19. Переливне коліно; 20. Вихідний отвір.

Барботерний сульфітатор

Сульфітатор (рис. 1.2) має вертикальний циліндричний корпус 8 з конічним верхнім 7 і нижнім 13 днищем. Корпус і днище виготовлені з листа вуглецевої сталі, що плакований кислотостійкою сталлю. У нижній частині корпусу розташовано барботер 16 із трубами з отворами 15, також виготовленими з кислотостійкої сталі.

Сульфітатор обладнаний переливним ящиком 11 із з'єднувальним трубопроводом 12, а також патрубками 1, 9 та 14 для подачі та відведення соку та сульфітаційного газу. На трубопроводі для подачі соку передбачено додатковий патрубок для регулювання подачі соку за допомогою системи автоматики.

Для контролю рівня соку в апараті передбачені оглядові стекла 4 з пристроєм 3 для промивання. Переливний ящик обладнаний телескопічним пристроєм 10 для регулювання рівня соку. Сульфітатор закріплений на опорних лапах 2.

Сік (сироп), який підлягає сульфітації, надходить до апарату через патрубок 9 і розподіляється по всьому перерізу корпусу за допомогою парасольки 5. Сульфітаційний газ, що поступає в апарат через патрубок 9 і труби з отворами 15, пропускається через шар соку. Піднімаючись, бульбашки газу взаємодіють з соком, що сприяє процесу насичення соку сірчистим газом. Відпрацьований газ видаляється з сульфітатора через патрубок 6 і витяжну трубу в атмосферу, а відпрацьований сік виходить з апарату через патрубок 14, трубопровід 12 і переливний ящик 11.

Таблиця 1.2. Технічна характеристика барботерного сульфітатора

Максимальна робоча ємність (до висоти переливу соку), м ³	4,3
Загальний об'єм, м ³	10,7
Максимальна висота стовпця стовпця сульфітованого соку, мм	2200
Діаметр корпусу, мм	1500
Висота корпусу, мм	7550
Маса, кг	2370

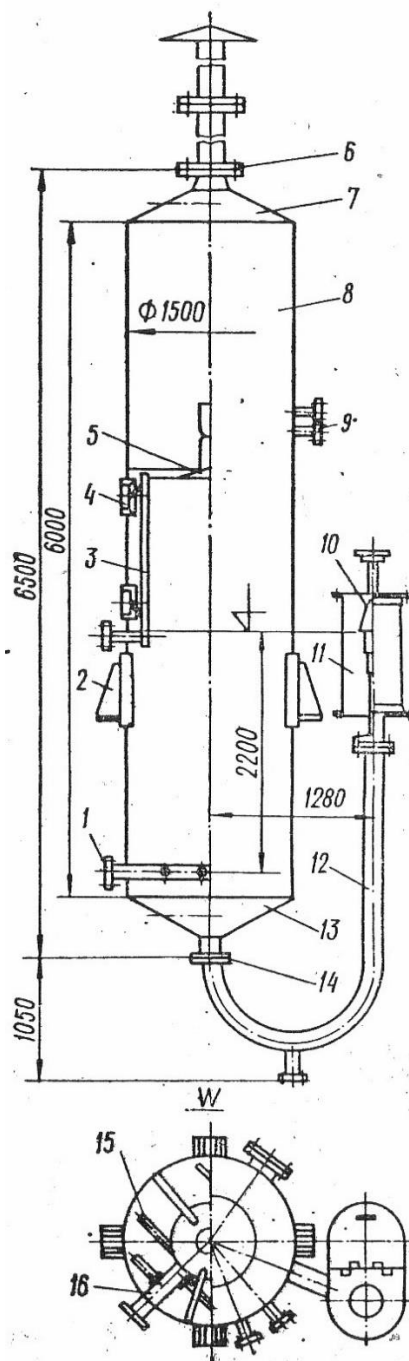


Рис. 1.2. Барботерний сульфітатор

1. Патрубок подачі газу; 2. Опорні лапи; 3. Пристрій для промивки; 4. Оглядове скло; 5. Парасолька; 6. Патрубок відведення відпрацьованого газу; 7. Конічна кришка; 8. Циліндричний корпус; 9. Патрубок подачі соку; 10. Телескопічний пристрій; 11. Переливний ящик; 12. Трубопровід; 13. Конічне днище; 14. Патрубок відведення відпрацьованого газу в атмосферу; 15. Труби з отворами; 16. Барботер;

Зрошувальний сульфітатор для соку РЗ-ПСС-6

Сульфітатор РЗ-ПСС-6 (рис. 1.3). Сік після II сатурації спочатку поступає через трубу 5, а потім по розподільній трубі 4 надходить на решітки 6.

Сірчистий газ через трубу 7 з кільцевих розподільників рухається протилежно до потоку соку. Грати та кільцеві розподільники сприяють покращенню контакту реагуючих фаз. Принцип дії решіток та їх кріплення в корпусі апарату показані на перетинах I-I і II-II.

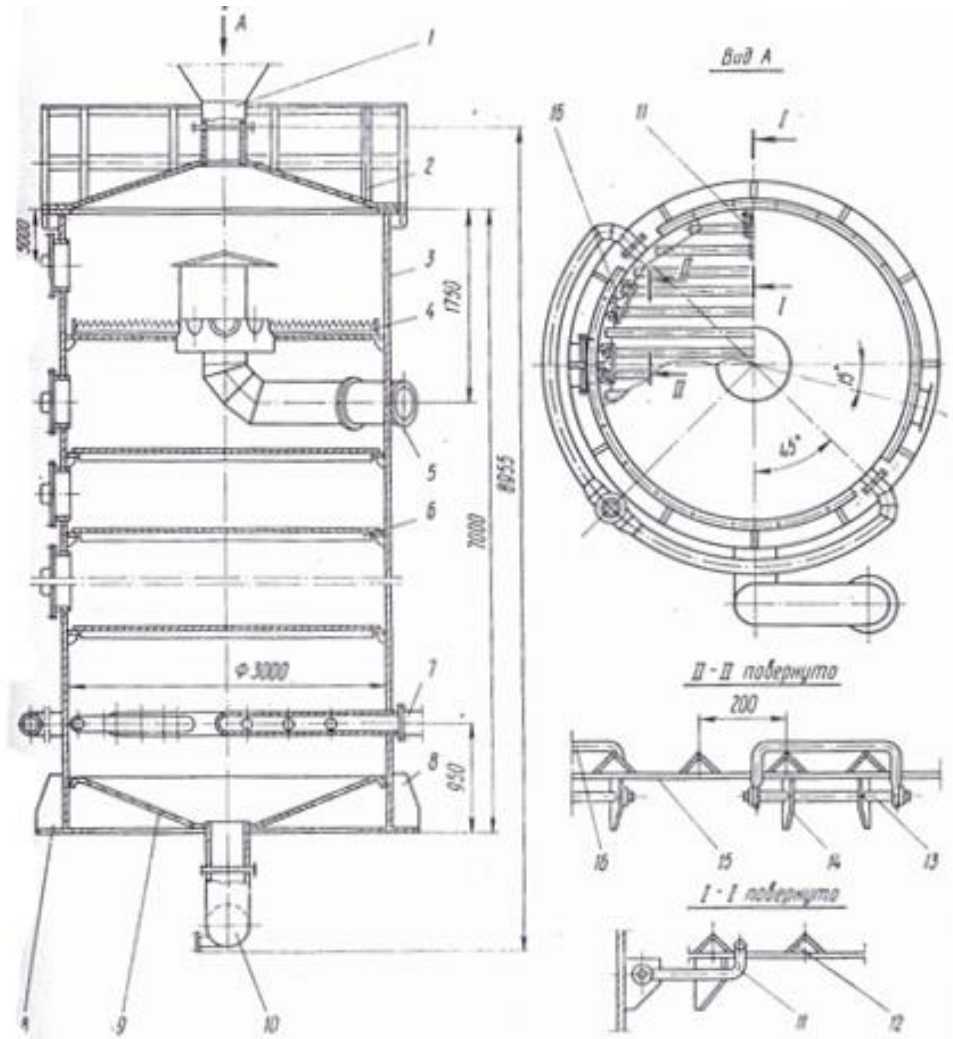


Рис. 1.3. Зрошувальний сульфітатор для соку РЗ-ПСС-6

1. Витяжна труба; 2. Огородження; 3. Корпус; 4. Розподільник; 5. Патрубок підведення соку; 6. Решітка; 7. Патрубок підведення газу; 8. Опора; 9. Днище; 10. Труба; 11. Кріплення; 12. Планка; 13. Вісь; 14. Косинка; 15. Основа; 16. Опора.

Зрошувальний сульфідатор з насадкою

На дерев'яній решітці 3 сульфідатора (рис. 1.4) розташовано вісім рядів насадок 4, які сприяють поліпшенню контакту між рідиною і сірчистим газом.

Сік подається через трубу і розділяється на окремі струми за допомогою розподільника 5. Після цього поверхня контакту між продуктом і газом збільшується завдяки шару насадок, і, в кінцевому результаті, продукт поділяється на окремі струми за допомогою решітки 3. Продукт вступає в контакт з сірчистим газом на всьому своєму шляху, при цьому газ подається через трубу 2 і виходить з неї через два ряди щілиноподібних отворів S. Для створення тяги в апараті у витяжній трубі 7 встановлений паровий інжектор 6.

Сульфідатори типу СО, РЗ-ПСС-6 та зрошувальні з насадкою характеризуються значними недоліками, включаючи неповне використання (приблизно 70%) ангідриду сірки через недостатній контакт з рідиною, великі розміри, велику вагу металу та обмежені можливості створення апаратів значної потужності.

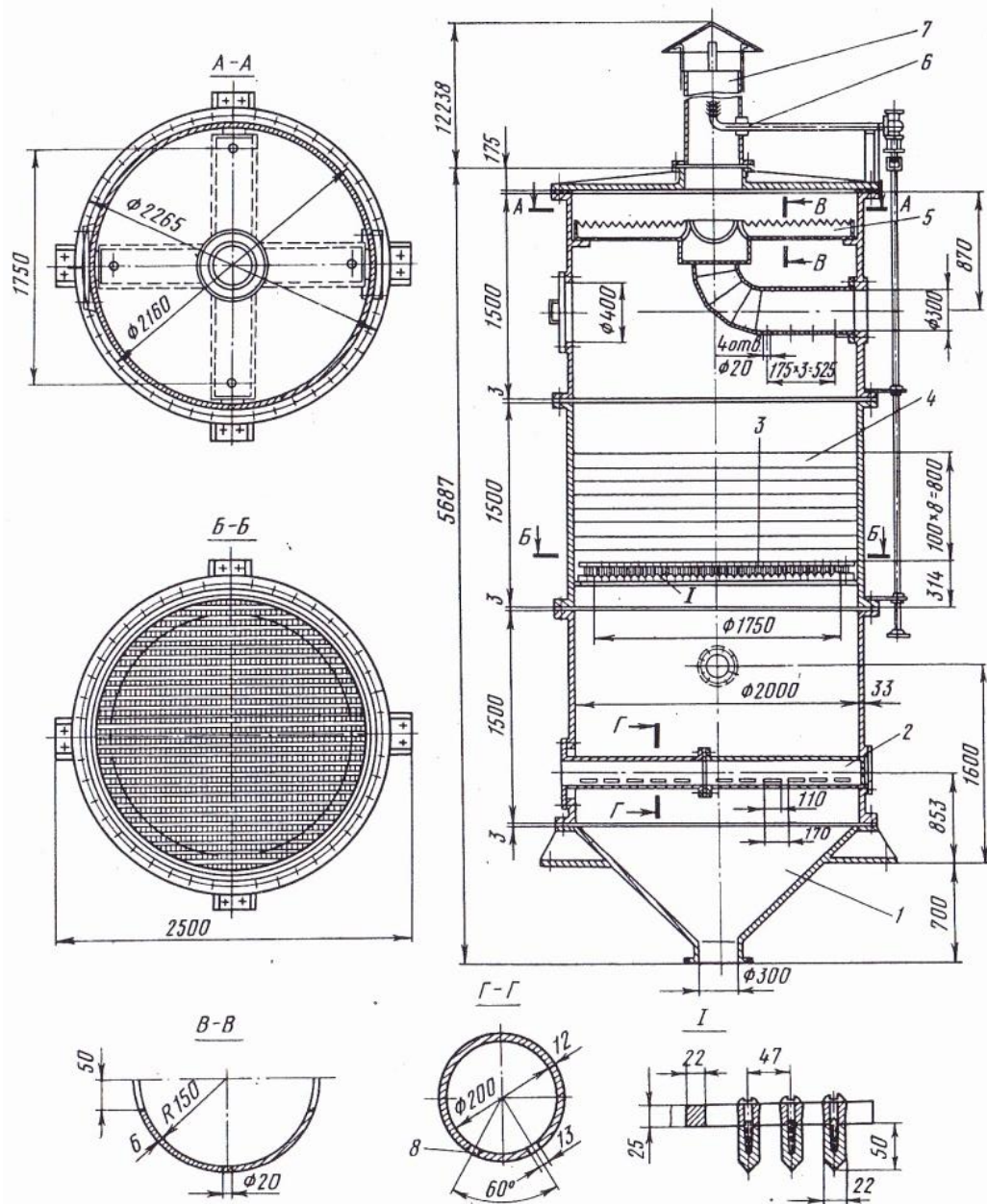


Рис. 1.4. Зрошувальний сульфітатор з насадкою

1. Корпус; 2. Розподільча труба; 3. Решітка; 4. Насадка; 5. Розподільник; 6. Паровий ежектор; 7. Витяжна труба; 8. Отвір.

Сульфітатор з вібруючими пластинами.

Сульфітатор (рис. 1.5) складається з вертикального циліндричного корпусу 13, всередині якого закріплені пластини, що вібрують, формуючи решітки 6, 7, 8. Пластини виготовлені з різних матеріалів. Решітки, що вібрують 8 складаються з кільця 14 і двох перекладин 15, 16, на яких через рівні проміжки натягнуті гумові смуги 18. Для закріплення гумових смуг в деталях 14, 15, 16 є отвори 17. У ґратах 7 використовані фторопластові пластини 19 як вібраційні елементи. Вібруючі фторопластові смуги закріплені одним кінцем через рівні інтервали на каркасі 20 решітки. Вібруюча решітка 6 відрізняється від решітки 7 лише розмірами і матеріалом вібруючих пластин. Каркас вібруючих решіток 6, 7 і 8 виконаний збірним, що спрощує їх монтаж в корпусі сульфітатора.

Сульфітатор функціонує наступним чином. Фільтрований сік II сатурації подається через трубу 4 у верхню частину апарата і розпилюється через форсунку 3 проти потоку SO_2 . Сульфітаційний газ вводиться до сульфітатора через патрубок 11 під тиском і рівномірно розподіляється за допомогою променевого барботера 10 по всьому перерізу апарата. Під дією вібрації пластин рідина диспергується, а SO_2 майже повністю абсорбується.

Сульфітатори такого типу показали свою ненадійність під час роботи протягом сезону на цукровому заводі.

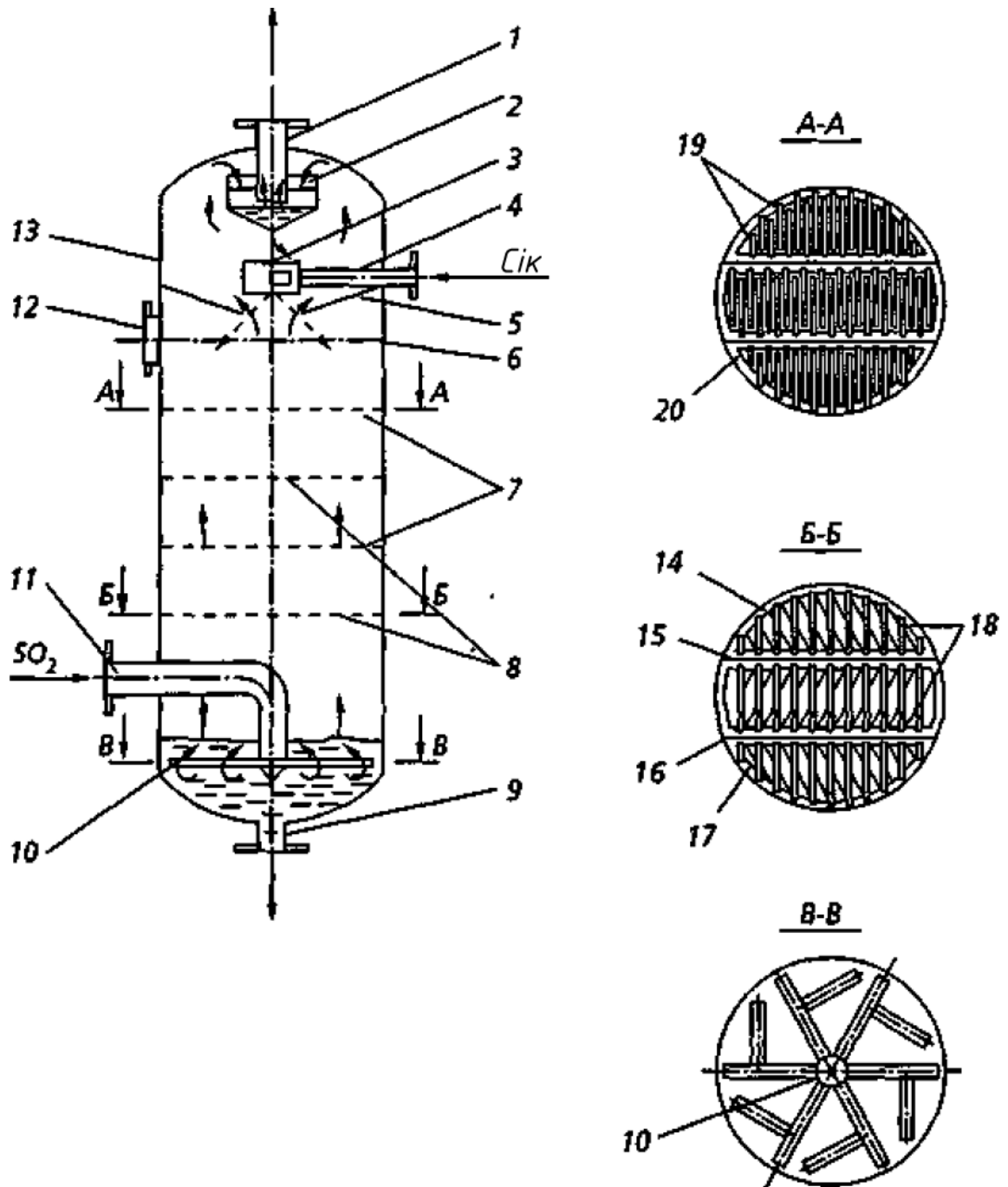


Рис. 1.5. Сульфітатор з віброуючими пластинами

1. Патрубок відведення газу; 2. Вловлювач крапель; 3. Форсунки; 4. Патрубок підведення фільтрованого соку; 5. Діафрагма; 6,7,8. Пластини що вібрують; 9. Патрубок відведення соку; 10. Променевий барботер; 11. Патрубок; 12. Люки; 13. Циліндричний корпус; 14. Кільце; 15,16. Перекладки; 17. Отвори для гумових пластин; 18. Гумові пластини; 19. Фторопластові пластини

Рідинно-струминний сульфітатор типу А2-ПСМ і А2-ПСК

Сульфітатор (рис. 1.6) представляє собою циліндричний корпус 17, який виконує роль збірника обробленої рідини. Усередині корпусу є перегородка 18, а до верхньої частини кріпиться циклонний сепаратор 16, призначений для відділення рідини від відпрацьованого газу. До сепаратора тангенціально кріпиться камера змішування 14, що являє собою чавунну трубу з патрубками для підведення продукту та газу. На вході камери змішування встановлений сопловий диск з отворами, через які надходить продукт, що підлягає сульфітації. До диска кріпиться регулятор, призначений для підтримки в заданих межах тиску рідини, що сульфітується перед сопловими отворами при зміні її витрати. Злив з сульфітатора обробленої рідини проводиться через зливний патрубок 5, в стакані 6 якого встановлений датчик рН 7.

Апарат працює наступним чином: при нормальному режимі роботи струмені рідини, витікаючи з великою швидкістю з отворів диска, розпилюються, перетворюючись на газорідинну емульсію, що рухається вздовж камери змішування. Цей газорідинний потік має ежектуючу дію, завдяки якій в камеру змішування засмоктується сірчистий газ. Відпрацьований у сепараторі газ відокремлюється від рідини та видаляється в атмосферу, а рідина з корпусу відводиться на наступний технологічний процес. Задане значення рН розчину, що виходить із сульфітатора, автоматично підтримується регулюючої заслінкою на трубопроводі подачі газу.

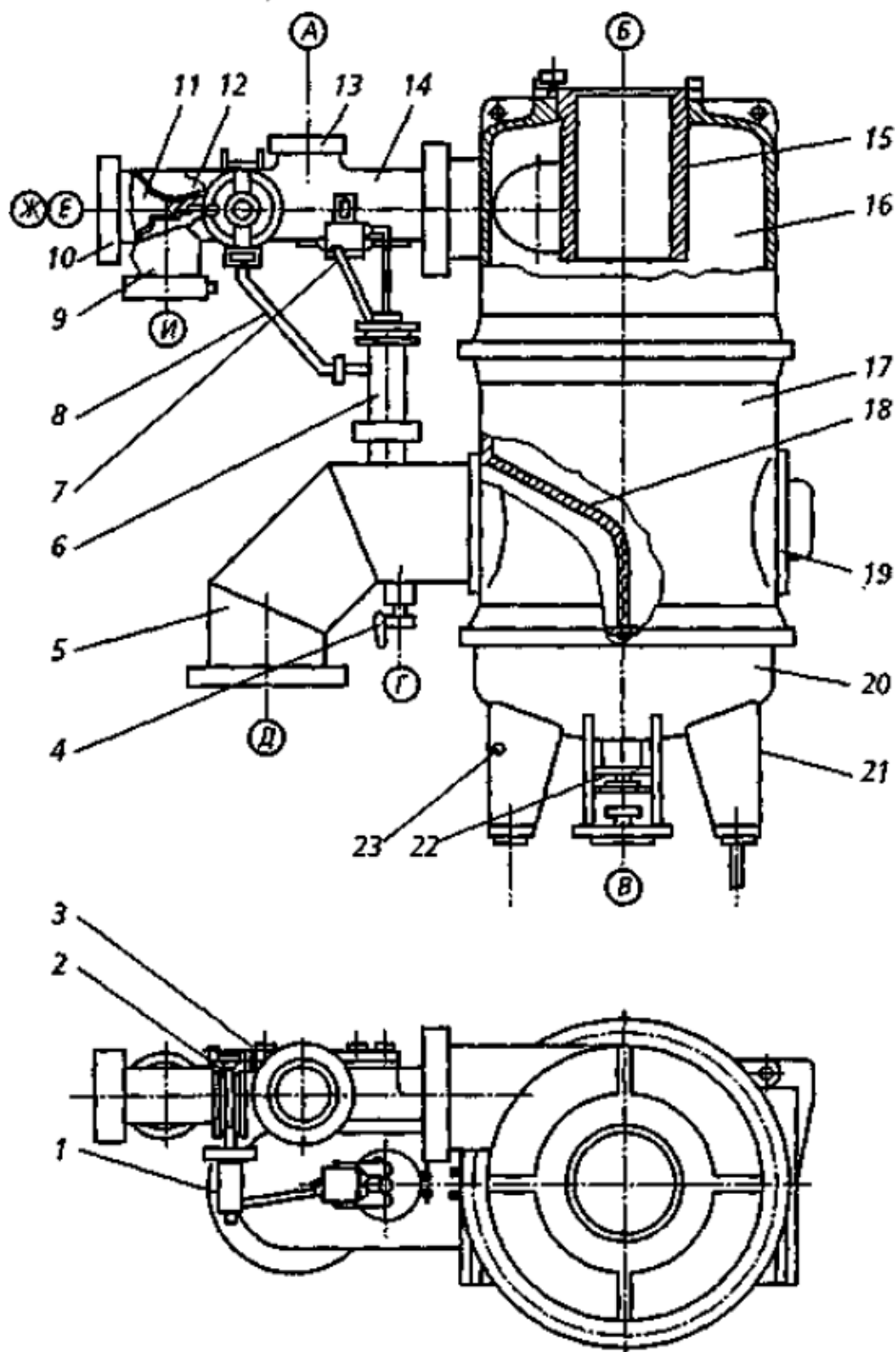


Рис. 1.6 Сульфітатор рідинно-струминний типу А2-ПСМ

1. Регулятор; 2. Сопловий диск; 3. Кришка; 4. Пробний кран; 5. Зливний патрубок;
 6. Труба; 7. Датчик рН; 8. Зливна труба; 9,10. Патрубки; 11. Конус; 12. Трубка;
 13. Патрубок відводу сульфітаційного газу або зрідженого сірчистого ангідриду;
 14. Камера змішування; 15. Внутрішня труба; 16. Циклонний сатуратор;
 17. Циліндричний корпус; 18. Перегородка; 19. Люк; 20. Днище; 21. Опорні лапи;
 22. Патрубок зливу рідини; 23. Зажим.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Цукрове виробництво в Україні визнається ключовою та пріоритетною сферою економіки. Країна має вигідні природньо-кліматичні умови для вирощування великих обсягів цукрового буряку. Проте, в останні роки відзначається помітне скорочення виробництва цукру, що пов'язано з невдалим процесом приватизації підприємств у цій галузі та втратою державного контролю над регулюванням процесів, що відбуваються в буряко-цукровому комплексі.

Різке зростання вартості обладнання, відсутність централізованих капіталовкладень та обмежені фінансові ресурси призвели до скорочення заходів, спрямованих на реконструкцію, модернізацію та будівництво нових підприємств.

Досвід зарубіжних країн демонструє, що високий рівень ефективності вилучення сахарози можливий лише на високопродуктивних цукрових заводах, що мають сучасні технологічні схеми.

Оскільки обладнання для проведення процесу сульфітації потребує переоснащення та модернізації на багатьох цукрових заводах, для модернізації пропонується рідинно-струменевий сульфітатор А2-ПСК-3. Цей апарат є ключовим у виробництві цукру, впливаючи на знебарвлення, зниження в'язкості та стерилізацію. Однак цей сульфітатор має такі недоліки:

- неможливість підтримання оптимального рН розчину при постійно змінній витраті рідини;
- низький коефіцієнт використання діоксиду сірки, про що свідчить корозія витяжної труби.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Техніко-економічне та соціальне обґрунтування	200289.KP.08.002 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/6	

Основною метою модернізації даного обладнання є вдосконалення конструкції сульфідатора з метою підвищення ефективності процесу сульфітації та збільшення коефіцієнту використання сірчистого газу. Це можна досягти шляхом заміни пристрою для змішування сірчистого газу з барометричною водою. Замість існуючої труби з патрубком для підведення сірчистого газу, встановлюється ежектор модернізованої конструкції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд конкретних завдань, які можна втілити за допомогою таких кроків: використання відцентрово-струминної форсунки як робочого сопла для рідини, а також застосування ежектора з конічною насадкою, яка перфорована отворами.

Процес сульфітації включає абсорбцію SO_2 рідиною (наприклад, водою або цукровим розчином) та наступну дисоціацію і хімічну реакцію з речовинами у цукровому розчині. Ефективність першої стадії сульфітації визначатиме подальший хід процесу загалом. Згідно з законом Фіка, швидкість перенесення пропорційна площі поверхні, що контактує з реагентами. Диск з отворами, використовуваний як розпилювач (робоче сопло), не забезпечував достатньої поверхні рідини через свою конструкцію, бо формально представляв собою кілька струменевих форсунок.

Форсунки такого типу характеризуються концентрованим струменем (малий кут розпилення рідини), що спричиняє розподіл крапель на значній відстані від сопла форсунки. Це зменшує швидкість передачі маси газу в рідку фазу. Крім того, ефект ежекції газу разом з виходом рідини також низький, оскільки рідина взаємодіє з газом лише на зовнішньому краю факелу.

Заміна диска з отворами на відцентрово-струминну форсунку дійсно дозволяє змінити картину масопереносу. У випадку використання відцентрово-струминної форсунки, рідина виходить з сопла під кутом розкриття факела, що становить близько 40° і розпадається на краплі на невеликій відстані від сопла. Це призводить до того, що вже на виході з форсунки утворюються краплі рідини, які рівномірно розподіляються по всій площі камери змішування. Таким чином,

створюється значна поверхня контакту між фазами, що сприяє високій швидкості процесу.

Також важливо враховувати, що кожна утворена краплина рідини своєю зовнішньою поверхнею приймає участь у створенні ежекційного ефекту. Це призводить до більш глибокого розрідження в патрубкові для подачі сульфітаційного газу. Такий ефект сприяє ще більш ефективному контакту між газом та рідиною, підвищуючи швидкість та ефективність процесу сульфітації.

Отже, використання відцентрово-струминної форсунки в якості робочого сопла в змішувальній трубі сульфітатора призводить до двох позитивних ефектів:

- Значно збільшується поверхня контакту фаз за рахунок створення великої кількості краплин рідини, які рівномірно заповнюють весь поперечний переріз камери змішування.
- Збільшується коефіцієнт ежекції газової фази, що сприяє більш ефективному розрідженню газу в патрубок для подачі сульфітаційного газу.

Після першого контакту новоутворених крапель рідини з сульфітаційним газом, коли процеси масопередачі відбуваються на кілька порядків швидше, ніж при стаціонарно усталеному процесі, настає стабілізація руху рідинно-газової емульсії. Це призводить до зменшення швидкості процесу масопередачі по довжині камери змішування.

Тому пропонується заміна стандартної камери змішування на ежектор нової конструкції. Згідно з конструкцією, в приймальній камері ежектора розміщено конічну насадку, яка розширюється в бік камери змішування на кут $3...8^\circ$ менший за кут факела розпилення рідини з робочого сопла ежектора, причому до торця конічної насадки встановлено конфузور, а в самій насадці виконано отвори та встановлено направляючі обичайки, що формують дефлектор забору газової фази.

З робочого сопла рідина витікає в приймальну камеру ежектора в якій внаслідок тертя між фазами відбувається ежекування газу. Суміш рідини та газу потрапляє в камеру змішування, в якій вирівнюються характеристики потоку по довжині та поперечному перерізу.

В приймальній камері в зоні формування факелу розпилення частина газової фази перерозподіляється всередину нього, а інша частина газу рухається попутно активному потоку в кільцевому перерізі. Слід відмітити роль конфузора, приєднаного до торця конічного насадка, який виконує функцію формування осевого потоку газу та збільшує його швидкість. Тобто, на вході газової фази в приймальну камеру ежектора створено умови (зменшується різниця в швидкостях газу та рідини) для формування єдиного потоку суміші з рівними характеристиками.

Оскільки площа перерізу між факелом розпилення та конічним насадком невинно зменшується, опір зростає, кількість ежектованого газу в конічній частині теж зменшується. Для збереження подачі достатньої кількості газу в зону ежекування газу між факелом розпилення і конічним насадком в останньому виконано отвори, які забезпечують його подачу та при цьому зменшується гідравлічний опір.

Для запобігання переходу рідини в вигляді мілких крапель через отвори в зону пониженого тиску назовні конічної частини приймальної камери, вони мають направляючі обичайки, які також формують вектор швидкості газового потоку паралельно осі ежектора. Отвори, що виконані в конічному насадку та направляючі циліндричні обичайки над ними утворюють дефлектор забору газової фази в зону ежекування по всій довжині факела розпилення.

Таким чином, використання в якості робочого сопла для рідини відцентрово-струминної форсунки та виконання камери змішування у вигляді ежектора з конічним насадком, що перфорований отворами, дозволяє значно збільшити коефіцієнт використання сірчистого газу в процесі сульфатації.

Сульфітатор має наступну будову. Усередині чавунного корпусу 15 рідинно-струминного сульфітатора ПСК (рис. 2.1), вбудована перегородка 3, що виконує роль гідравлічного затвора, запобігаючи потраплянню сульфітаційного газу в зливний трубопровід 5, і забезпечує контроль і регулювання величини рН (в трубі 6 встановлюється датчик рН-метра). Вентиль 4 використовується для відбору проб води. Остаточний стік води здійснюється через патрубок 17. Корпус монтується за допомогою фланцевого з'єднання на еліптичному днищі 2 з приварними лапами. Для внутрішнього огляду в корпусі є вікно, що може бути закрито заглушкою 16. Верхню частину корпусу закриває чавунний сепаратор 14, який є циклоном з тангенціально розміщеним патрубком для введення води. Сепаратор призначений для розділення рідини та відпрацьованого газу, а також для додаткового масообміну між газом і рідиною, яка стікає по внутрішній стінці сепаратора тонким шаром. Відпрацьований газ виводиться через циліндр 13 і прикріплену до фланця 12 трубу за межі заводу.

До сепаратора тангенційно приєднано змішувальна камера у вигляді труби 11, до якої приєднано приймальну камеру 9, всередині якої знаходиться конічний насадок 10, який перфоровано отворами. З іншого боку приймальної камери розміщена відцентрово-струминна форсунка 7. Патрубок 8 для подачі сульфітаційного газу в апарат приєднаний до приймальної камери, а патрубок підведення барометричної води 19 під'єднаний до відцентрово-струминної форсунки.

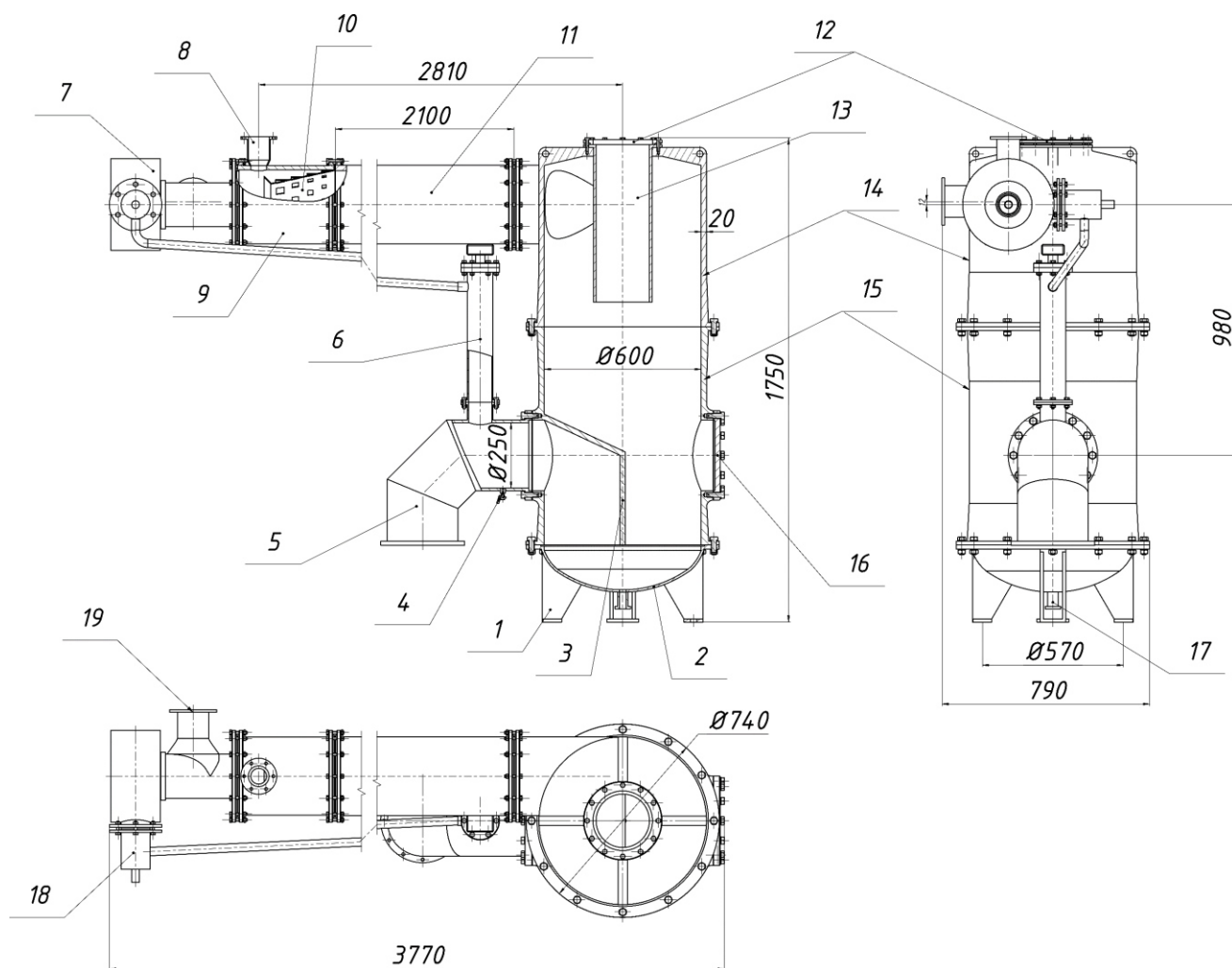


Рис. 2.1. Рідинно-струменевий сульфідатор А2-ПСК-3

1. Опори; 2. Днище; 3. Перегородка; 4. Кран; 5. Зливний трубопровід; 6. Трубопровід датчика; 7. Відцентрово-струминна форсунка; 8. Патрубок підведення газу; 9. Приймальна камера; 10. Конічний насадок; 11. Камера змішування; 12. Фланець; 13. Циліндр; 14. Сепаратор; 15. Чавунний корпус; 16. Люк; 17. Патрубок зливу; 18. Корпус; 19. Патрубок підведення барометричної води.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Удосконалення процесу екстрагування сахарози з бурякової стружки значною мірою залежить від якості поживної води та способу її підготовки. Барометрична вода, що застосовується для цієї мети, часто містить таку кількість солей, яка негативно позначається на перебігу технологічного процесу. Вона також є одним із основних джерел мікробіологічного інфікування дифузійного соку, що призводить до значних втрат цукру.

Крім цього, на технологічний процес негативно впливає високе значення рН поживної води: пектинові речовини буряків розкладаються, бурякова стружка розм'якшується, виділяє слиз, внаслідок чого процес екстрагування цукру значно утруднюється, а жом втрачає здатність до віджиму.

Для підготовки барометричної води до подання на дифузійний апарат її сульфітують. Для цього застосовується сульфітатор А2-ПСК-2 і комплексна установка марки А2-ПСК, що включає сіроspальні печі та комплекс обладнання для завантаження та дозування комкової сірки, очищення та охолодження сірчистого газу, засоби автоматизації.

На рис. 3.1 представлена схема підготовки води з використанням сульфітатора струминно-рідинного типу.

Деамонізовані конденсати або їх суміш з барометричною водою надходять зі збірки води 1 в сульфітатор 2. При використанні струминно-рідинних сульфітаторів воду в них подають насосом 12. Газ для сульфітації з сірчистої печі 6 через золоті відділювач 5 і охолоджувач 4 направляється в сульфітатор. Розрідження здійснюється ежектором 13 шляхом подачі в нього води через вхідний патрубок.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа				
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції	200289.KP.08.003 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3	

Воду після сульфідатора насосом 9 нагнітають в пароконтактний підігрівач 7, направляють у дифузійний апарат.

У процесі переробки буряків погіршеної якості (підгнилих, підморожених та ін.) сульфітована вода з сульфітатора 2 попередньо слід в мішалку 10, куди через дозатор 11 подають подвійний неамонізований суперфосфат або сірчаноокислий глинозем.

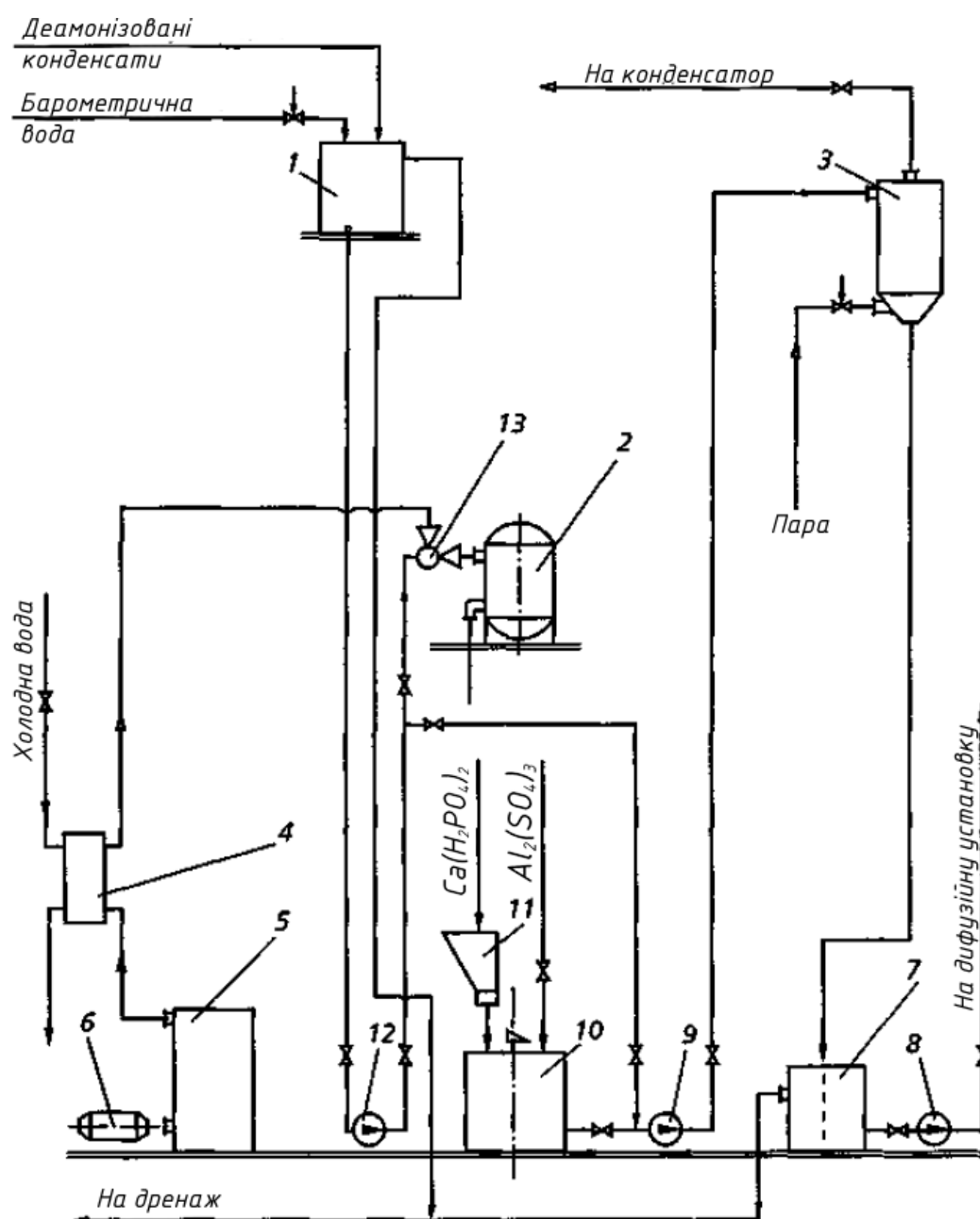


Рис. 3.1. Схема підготовки води сульфитатором струминно-рідинного типу

Технологічні параметри сульфитації води для буряків різної якості наведені в табл. 3.1:

Таблиця 3.1. Технологічні параметри сульфитації води для буряків різної якості

Для буряків нормальної якості:	
рН сульфитованої води	6,2...6,6
Температура нагрівання сульфитованої води за вказівками лабораторії в залежності від термостійкості буряка, °С	65...70
Витрата сірки на 100 т буряків, кг	10...20
Запас сірки біля сірчистих печей, діб	1
Для буряків погіршеної якості:	
рН води після сульфитаторів	7,0...7,2
Витрата подвійного неамонізованого суперфосфату на 100 т буряків, кг	30...50
Витрата сірчанокислоного глинозему на 100 т буряків, кг	30
рН води, обробленої подвійним неамонізованим суперфосфатом або сірчанокислим глиноземом	5,8...6,5
Запас суперфосфату або сірчанокислоного глинозему, діб	1

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ І ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

Відомий рідинно-газовий ежектор, який складається з приймальної камери, до якої з одного торця під'єднано робоче сопло та патрубок подачі газу, а до протилежного – камеру змішування.

Недоліком такого ежектора є низький коефіцієнт ежекції, внаслідок значних гідравлічних втрат рідини на її раптове розширення при вході в приймальну камеру, наявність зворотних водо-газових потоків.

Задачею розробленого ежектора є збільшення коефіцієнта ежекції рідинно-газового ежектора.

Поставлена задача вирішується тим, що рідинно-газовий ежектор складається з приймальної камери, до якої з одного торця під'єднано робоче сопло та патрубок подачі газу, а до протилежного – камеру змішування в вигляді циліндричної труби.

Згідно з запропонованою конструкцією, в приймальній камері розміщено конічну насадку, яка розширюється в бік камери змішування на кут $3...8^\circ$ менший за кут факела розпилення рідини з робочого сопла ежектора, причому до торця конічної насадки встановлено конфузор, а в самій насадці виконано отвори та встановлено направляючі обичайки, що формують дефлектор забору газової фази.

Причинно-наслідковий зв'язок між запропонованими ознаками та технічним результатом полягає в наступному.

З робочого сопла рідина витікає в приймальну камеру ежектора в якій внаслідок тертя між фазами відбувається ежекування газу. Суміш рідини та газу потрапляє в камеру змішування, в якій вирівнюються характеристики потоку по

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Опис технічного рішення	200289.KP.08.004 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/5

довжині та поперечному перерізу.

Для досягнення високого коефіцієнта ежекції конструкція приймальної камери повинна з одного боку мати якомога менший гідравлічний опір входу активного потоку, а з другої сторони повинна формувати потік суміші таким чином, щоб унеможливити виникнення зворотно-циркуляційних потоків та забезпечити достатню кількість газу для ежекування по всій довжині приймальної камери.

В конструкції ежекування газової фази відбувається зовнішньою стороною факелу рідини та супроводжується утворенням зворотних потоків водо-газової суміші. Гідравлічний опір входу газового потоку (опір раптового розширення рідини, що витікає з сопла форсунки в приймальну камеру) достатньо вагомий в загальній сумі втрат, що приводить до зменшення коефіцієнта корисної дії, а отже і коефіцієнта ежекції.

Відомо, що гідравлічний опір рідини при переході течії в трубу більшого діаметра зменшується при використанні конічного перехідника. Цей принцип застосовано в даному ежекторі шляхом виконання конусного перехідника, який розширюється в бік камери змішування на кут $3...8^\circ$ менший за кут факела розпилення рідини з робочого сопла. Тобто, конус майже повторює форму факела розпилення, однак збережено можливість ежекування газу між зовнішньою стороною факела рідини та конічним насадком.

Вибір кута в межах $3...80^\circ$ меншого за кут факела розпилення пояснюється тим, що при цьому збільшується витрата рідини через форсунку без збільшення тиску. Тобто без збільшення затрат енергії збільшується витрата рідини, що однозначно приводить до збільшення ежектованого газу. При куті розширення конічного насадка менше 30° зменшується зона активного ежекування газу, а при виконанні кута, більшого за 80° витрата рідини не змінюється, оскільки не створюється додатково вакуум між зовнішнім факелом розпилення рідини та конічною насадкою.

В приймальній камері в зоні формування факелу розпилення частина газової фази перерозподіляється всередину нього, а інша частина газу рухається попутно активному потоку в кільцевому перерізі. Слід відмітити роль конфузора, приєднаного до торця конічного насадка, який виконує функцію формування осевого потоку газу та збільшує його швидкість. Тобто, на вході газової фази в приймальну камеру ежектора створено умови (зменшується різниця в швидкостях газу та рідини) для формування єдиного потоку суміші з рівними характеристиками.

Оскільки площа перерізу між факелом розпилення та конічним насадком невинно зменшується, опір зростає, кількість ежектованого газу в конічній частині теж зменшується. Для збереження подачі достатньої кількості газу в зону ежекування газу між факелом розпилення і конічним насадком в останньому виконано отвори, які забезпечують його подачу та при цьому зменшується гідравлічний опір.

Для запобігання переходу рідини в вигляді мілких крапель через отвори в зону пониженого тиску назовні конічної частини приймальної камери, вони мають направляючі обичайки, які також формують вектор швидкості газового потоку паралельно осі ежектора. Отвори, що виконані в конічному насадку та направляючі циліндричні обичайки над ними утворюють дефлектор забору газової фази в зону ежекування по всій довжині факела розпилення.

Таким чином, виконання приймальної камери ежектора в вигляді конічної насадки, яка розширюється в бік камери змішування на кут $3...8^\circ$, що менший кута факела розпилення рідини з робочого сопла, причому конічна насадка приймальної камери перфорована отворами і має направляючу обичайку, та наявність конфузора, що приєднаний до торця конічного насадка, дозволяє зменшити опір входу газової фази та додатково подати газ в зону ежекування, що приводить до збільшення коефіцієнта корисної дії, а отже і коефіцієнта ежекції.

Ежектор (рис. 4.1) працює таким чином. Активне середовище (рідина) подається в сопло ежектора 1 під тиском не нижче 0,1 МПа і диспергується в конічну насадку 3 приймальної камери 2. За рахунок взаємодії між дисперговою рідиною та газовою фазою остання рухається попутно з рідиною в циліндричну камеру змішування 4. Особливо інтенсивна взаємодія між фазами відбувається в зоні формування диспергованого струменя рідини в конічній насадці, куди газ ежекується через торцевий зазор між соплом форсунки та конічною насадкою, причому до торця останньої приєднаний конфузور для збільшення швидкості газу, що потрапляє в зону формування факелу розпилення.

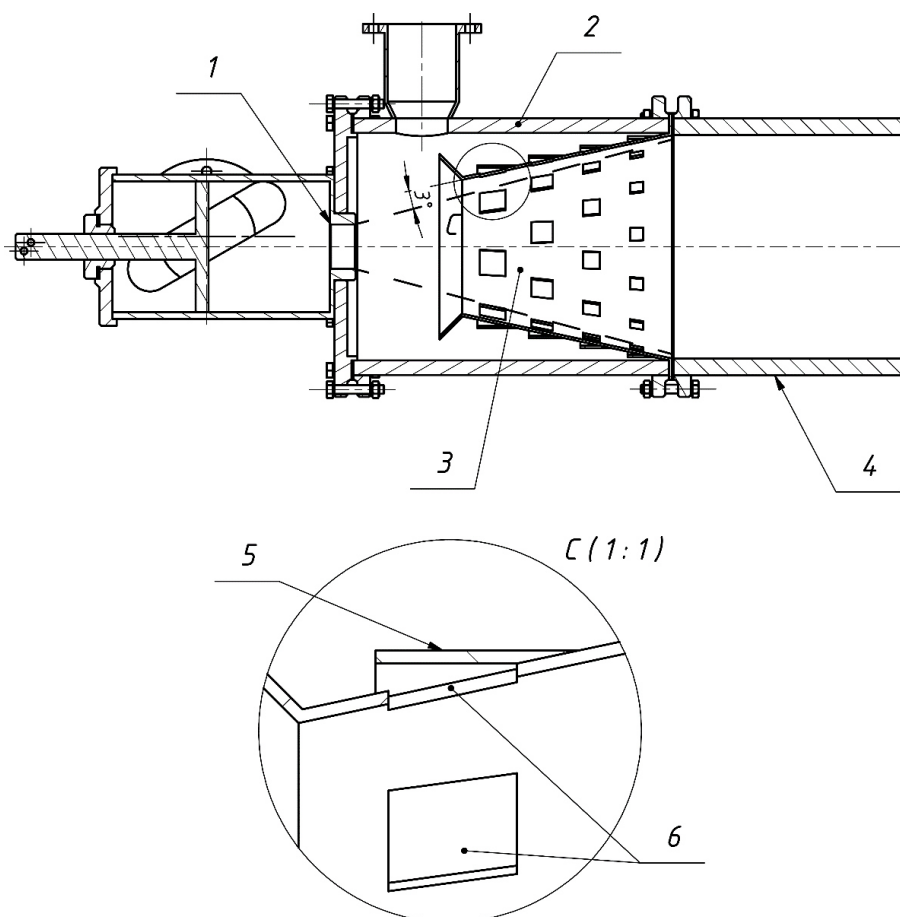


Рис. 4.1. Ежектор

1. Форсунка; 2. Приемальная камера; 3. Конический насадок; 4. Камера змішування; 5. Обичайка; 6. Отвори.

Для можливості додаткового ежектування газу через бічну поверхню конічної насадки 3 в ній виконано отвори 6, що приводить до зменшення гідравлічного опору входу газової фази. Через ці отвори відбувається додаткова ежекція газу з наступним перерозподілом його всередину факелу розпилення.

Оскільки внаслідок ежектування тиск в приймальній камері 2 понижений, то для запобігання потрапляння мілких крапель рідини в цю зону, над отворами встановлено направляючі обичайки 5, що формують додаткові осьові повітряні потоки в конічну частину 3 приймальної камери 2.

Таким чином, підвід газової фази через конічну насадку в торці приймальної камери, а також додатковий підвід через дефлектор забору повітря в зону ежекції дозволяє зменшити гідравлічний опір входу, що приводить до збільшення коефіцієнта ежекції.

Вибір кута в межах $3...8^\circ$ меншого за кут факела розпилення пояснюється тим, що при цьому збільшується витрата рідини через форсунку без збільшення тиску. Тобто без збільшення затрат енергії збільшується витрата рідини, що однозначно приводить до збільшення ежектованого газу.

Щодо величини перфорації конічної насадки, то можна відмітити, що згідно літературних даних перфорація повинна складати біля 20%, при цьому забезпечується найбільш ефективна робота ежектора. При більшій величині перфорації зменшується роль конічної насадки в запобіганні зворотних потоків.

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок і конструювання елемента укріплення для отвору $\varnothing 220$ мм в стінці ємності

Визначимо товщину стінки апарата для чавуну за формулою

$$\delta_p = \frac{(P_n + \rho \cdot g \cdot H_p) \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \gamma - (P_n + \rho \cdot g \cdot H_p)} = \frac{(0.1 + 1070 \cdot 9.81 \cdot 0.9) \cdot 0.64}{2 \cdot 145 \cdot 10^6 \cdot 0.7 - (0.1 + 1070 \cdot 9.81 \cdot 0.9)} = 0.017 \text{ м} \quad (5.1)$$

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати

$$\delta_k = \delta_p + C = 0.017 + 0.001 = 0.018 \text{ м}, \quad (5.2)$$

де $C=1$ мм – добавка на корозію.

Товщину стінки приймаємо по ДСТУ, беремо найближче більше значення, тоді остаточно $\delta=0,02$ м.

Дійсний коефіцієнт міцності ємності буде дорівнювати

$$k = \frac{\delta_p}{(\delta - C)} = \frac{17}{(20 - 1)} = 0.89 \quad (5.3)$$

Найбільший діаметр ємності, при якому стінки можна не укріплювати буде дорівнювати

$$d_0 = 0.8 \cdot \sqrt[3]{D \cdot \delta_p \cdot (1 - k)} = 0.8 \cdot \sqrt[3]{64 \cdot 0.017 \cdot (1 - 0.89)} = 0.085 \text{ м}, \quad (5.4)$$

Тобто, заданий отвір 0.22 м треба укріпляти.

Для патрубків обираємо сталю безшовну гарячекатану трубу із сталі 20, для якої границя міцності дорівнює 410 МПа, а коефіцієнт запасу міцності 3.8. Тоді допустиме напруження буде дорівнювати

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{k} = \frac{420}{3.8} = 110 \text{ МПа} \quad (5.5)$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	200289.KP.08.005 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/13

Розрахункова товщина стінки патрубку буде дорівнювати

$$\delta_p^n = \frac{P_n \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \gamma - P_n} = \frac{0.1 \cdot 0.64}{2 \cdot 110 \cdot 10^6 \cdot 0.7 - 0.1} = 0.004156 \text{ м} \quad (5.6)$$

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати

$$\delta_k = \delta_p + C = 1.403 + 1 = 2.403 \text{ мм}, \quad (5.7)$$

де $C=1$ мм – добавка на корозію.

Товщину стінки приймаємо по ГОСТ, беремо найближче більше значення, тоді остаточно $\delta=0.004$ м.

Вибираємо для патрубку трубу з зовнішнім діаметром 220 мм, товщиною стінки 4 мм і внутрішнім діаметром 216 мм

Укріплення стінки при отворі зробимо кільцем назовні ємності. Товщину кільця приймаємо рівною $\delta_k=15$ мм. Висоту частини патрубку, розміщеного нижче внутрішньої твірної обичайки, приймаємо рівною $H_2=10$ мм

Площу перерізу елементів укріплення знаходимо за формулою

$$F_3 = (d_B^n + 2 \cdot \delta_c^n - d_0) \cdot \delta_p = (216 + 2 \cdot 1 - 75) \cdot 2,985 = 1550 \text{ мм}^2 \quad (5.8)$$

Діаметр зони укріплення

$$D_3 = 2 \cdot (d_B^n + 2 \cdot \delta_c^n) = 2 \cdot (592 + 2 \cdot 1) = 1188 \text{ мм} \quad (5.9)$$

Висота зони укріплення

$$H_1 = 2,5 \cdot \delta_p = 2,5 \cdot 2,985 = 7,46 \approx 7,5 \text{ мм} \quad (5.10)$$

Площа перерізу метала, що дійсно приймає участь в укріпленні отвору, буде дорівнювати

$$\begin{aligned} F_3 &= [D_k - (d_B^n + 2 \cdot \delta_c^n)] \cdot \delta_k + [D_3 - (d_B^n + 2 \cdot \delta_c^n)] \cdot [\delta - (\delta_p + \delta_c)] + 2 \cdot (H_1 - \delta_k + H_2) \cdot [\delta^n - (\delta_p^n + \delta_c^n)] = \\ &= [D_k - (592 + 2 \cdot 1)] \cdot 15 + [1188 - (592 + 2 \cdot 1)] \cdot [4 - (2,985 + 1)] + 2 \cdot (7,5 - 4 + 10) \cdot [4 - (1,403 + 1)] = \\ &= 15D_k - 8910 + 594 \cdot 0,015 + 27 \cdot 1,597 = 15D_k - 8910 + 8,91 + 43,119 = 15D_k - 8858 \end{aligned}$$

Діаметр кільця знаходимо із рівності площ

$$D_k = \frac{(8858 + 1550)}{15} = 694 \text{ мм} \quad (5.11)$$

Приймаємо $D_k = 700$ мм. Конструкція розрахованого укріплення стінки ємності представлена на рис.1

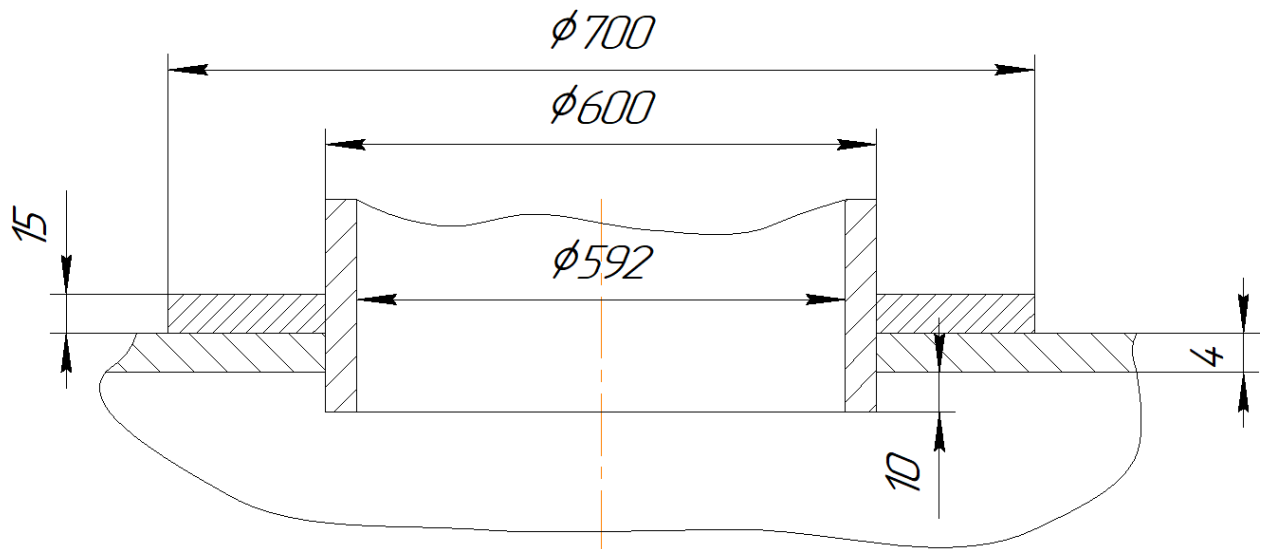


Рис. 3.1 Конструкція укріплення стінки ємності

5.2 Розрахунок і конструювання фланцевого з'єднання

Визначаємо конструктивні розміри фланця:

$$\text{внутрішній діаметр фланця } D_\phi^e = D + 2 \cdot \delta = 2700 + 8 = 2708 \text{ мм}; \quad (5.12)$$

$$\text{зовнішній діаметр приварної поверхні } D_3^n = D_\phi^e + 40 = 2708 + 40 = 2748 \text{ мм} \quad (5.13)$$

$$\text{діаметр болтового кола } D_\phi = \varphi \cdot D^{0,933} = 1,11 \cdot 2,7^{0,933} \cong 2,805 \text{ м}; \quad (5.14)$$

$$\text{зовнішній діаметр фланця } D_\phi = D_\phi + a = 2805 + 40 = 2845 \text{ мм}; \quad (5.15)$$

Приймаємо:

розмір виступа привалочної поверхні 4 мм;

товщина прокладки $\delta_n = 5$ мм;

діаметр болта $d = 14$ мм.

Із цих даних знаходимо геометричну ширину прокладки

$$b = 0,5 \cdot (D_3^n - D_\phi^e) = 0,5 \cdot (2748 - 2708) = 20 \text{ мм} \quad (5.16)$$

Приймаємо привалочні поверхні плоскими з двома рисками. Приведена і ефективна ширина прокладки відповідно будуть дорівнювати

$$b' = 0.5 \cdot b = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ мм} \quad (5.17)$$

$$b_0 = 2.48 \cdot \sqrt{b'} = \sqrt{10} = 7,84 \text{ мм} \quad (5.18)$$

Розрахунковий діаметр прокладки буде дорівнювати

$$D = D_3^n - 2 \cdot b_0 = 2748 - 2 \cdot 7,84 = 2748 - 15,68 \approx 2732 \text{ мм} \quad (5.19)$$

В якості матеріалу прокладки вибираємо м'яку резину, по таблиці знаходимо коефіцієнт питомого тиску $m=1$ і посадочне напруження 1.35 МПа.

Навантаження на болти від тиску визначаємо по формулі

$$Q_6^p = 0,785 \cdot D^2 \cdot p + \pi \cdot D \cdot b_0 \cdot m \cdot p = 0,785 \cdot 2732^2 \cdot 0,08 + 3,14 \cdot 2732 \cdot 7,84 = 468838 + 5382 = 474220 \text{ Н} \quad (5.20)$$

Навантаження на болти від затяжки визначаємо по формулі

$$Q_6' = \pi \cdot D \cdot b_0 \cdot \sigma_n = 3,14 \cdot 2,732 \cdot 0,008 \cdot 1,35 \cdot 10^6 = 92648 \text{ Н} \quad (5.21)$$

Болти будемо виготовляти із сталі 10. При значенні границі міцності болтів, рівною приблизно 300 МПа допустиме напруження буде дорівнювати

$$[\sigma] = \frac{300 \cdot 10^6}{6,5} = 46 \cdot 10^6 \text{ Па} \quad (5.22)$$

Визначаємо допустиме навантаження на один болт

$$q_6 = 0,785 \cdot (d_1 - \delta_c)^2 \cdot [\sigma] = 0,785 \cdot (0,0114 - 0,0014)^2 \cdot 46 \cdot 10^6 = 3611 \text{ Н} \quad (5.23)$$

Визначаємо необхідну кількість болтів

$$n = \frac{Q_6^p}{q_6} = \frac{474220}{3611} \approx 132 \quad (5.24)$$

Кількість болтів із умови надійного стиску прокладки, тобто розташування їх по болтовому колу на відстані чотирьох діаметрів

$$n = \frac{\pi \cdot D_6}{4 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 2,805}{4 \cdot 0,014} \approx 158 \quad (5.25)$$

Приймаємо кількість болтів $n=160$.

Фланці виготовляємо із сталі Ст3, для якої можна прийняти $[\sigma] = 80 \text{ МПа}$.

Тоді товщина фланця буде визначатись так

$$\delta = 0.75 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot (D_{\phi} - D_B) \cdot D_{\phi}}{n \cdot (\pi \cdot D_B - n \cdot d_0) \cdot d_0 \cdot [\sigma_{\mu}]}} + 0.012 =$$

$$= 0.75 \cdot \sqrt{\frac{474220 \cdot (2,805 - 2,708) \cdot 2,805}{140 \cdot (3,14 \cdot 2,708 \cdot 0,016) \cdot 0,016 \cdot 80 \cdot 10^6}} + 0,012 = 0,02 \text{ м}$$
(5.26)

Товщину фланця остаточно приймаємо (згідно із стандартом) рівною 25 мм.

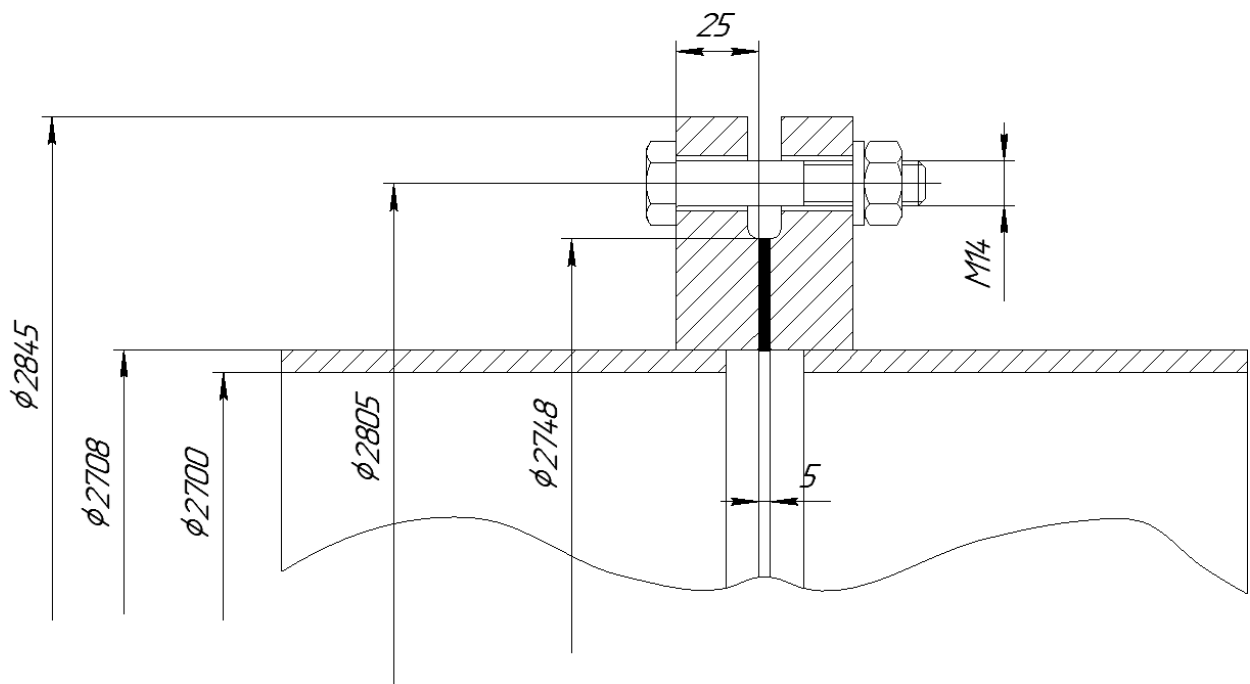


Рис.3.2 Конструкція фланцевого з'єднання

5.3 Розрахунок і конструювання опор апарата

Приймаємо допустиме напруження фундаменту $[\sigma_{\phi}] = 0,7 \cdot 10^6 \text{ Па}$

Поверхня опор визначається за формулою (приймаючи, що маса самого апарата дорівнює чверті маси рідини в апараті)

$$F \geq \frac{G_{\max}}{[\sigma_{\phi}]} = \frac{m \cdot g}{[\sigma_{\phi}]} = \frac{(m_{\text{рід}} + m_{\text{ап}}) \cdot g}{[\sigma_{\phi}]} = \frac{(\rho \cdot V_{\text{рід}} + 0,25 \cdot \rho \cdot V_{\text{рід}}) \cdot g}{[\sigma_{\phi}]} =$$

$$= \frac{(1000 \cdot 80,748 + 0,25 \cdot 1000 \cdot 80,748) \cdot 9.81}{0.7 \cdot 10^6} = 1.4 \text{ м}^2$$
(5.27)

Приймаємо кількість опор $n=3$. Тоді навантаження на одну опору буде дорівнювати

$$G = \frac{G_{\max}}{3} = \frac{0,99}{3} = 0,33 \cdot 10^6 \text{ Н} \quad (5.28)$$

Опори будемо виготовляти із сталі Ст3, для якої при заданих умовах роботи апарата допустиме напруження на стиск можна прийняти рівним допустимим напруженням на розтяг, тобто 100 МПа.

Нехай кожна опора буде виготовлена з одним ребром ($m=1$). Опорна площа однієї опори дорівнює 4600 см². Приймаємо відношення вильоту опори до її ширини $a:c = 0,8$, та розміри опорної площини отримаємо $a=680$ мм; $c=680$ мм. Вильот опори $A=700$ мм.

Приймаємо коефіцієнт $k=0,3$. Тоді товщина ребра буде дорівнювати

$$\delta = \frac{2,24 \cdot G}{(k \cdot m \cdot [\sigma_{\text{сж}}] \cdot A)} = \frac{2,24 \cdot 0,33}{(0,3 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 0,7)} \approx 35 \text{ мм} \quad (5.29)$$

Гнучкість ребра знайдемо по формулі

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{\sqrt{(A^2 + h^2)}}{r} = \frac{\sqrt{(0,7^2 + 0,8^2)}}{0,289 \cdot 0,035} = \frac{1,06}{0,289 \cdot 0,035} \approx 104 \quad (5.30)$$

По графіку коефіцієнт k_d буде більше прийнятого. Тобто розрахунок закінчено.

Остаточно приймаємо товщину ребра $\delta=35$ мм.

Перевіряємо флангові шви на зріз по умові

$$\frac{G}{(0,7 \cdot h \cdot L)} \leq [\sigma_u] \quad (5.31)$$

$$\frac{0,33 \cdot 10^6}{(0,7 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 1)} = 336734,69 \text{ Па} < 80 \cdot 10^6 \text{ Па}, \quad (5.32)$$

де $[\sigma_u] = 80 \cdot 10^6$ - допустима міцність зварного шву.

Тобто умова міцності виконується.

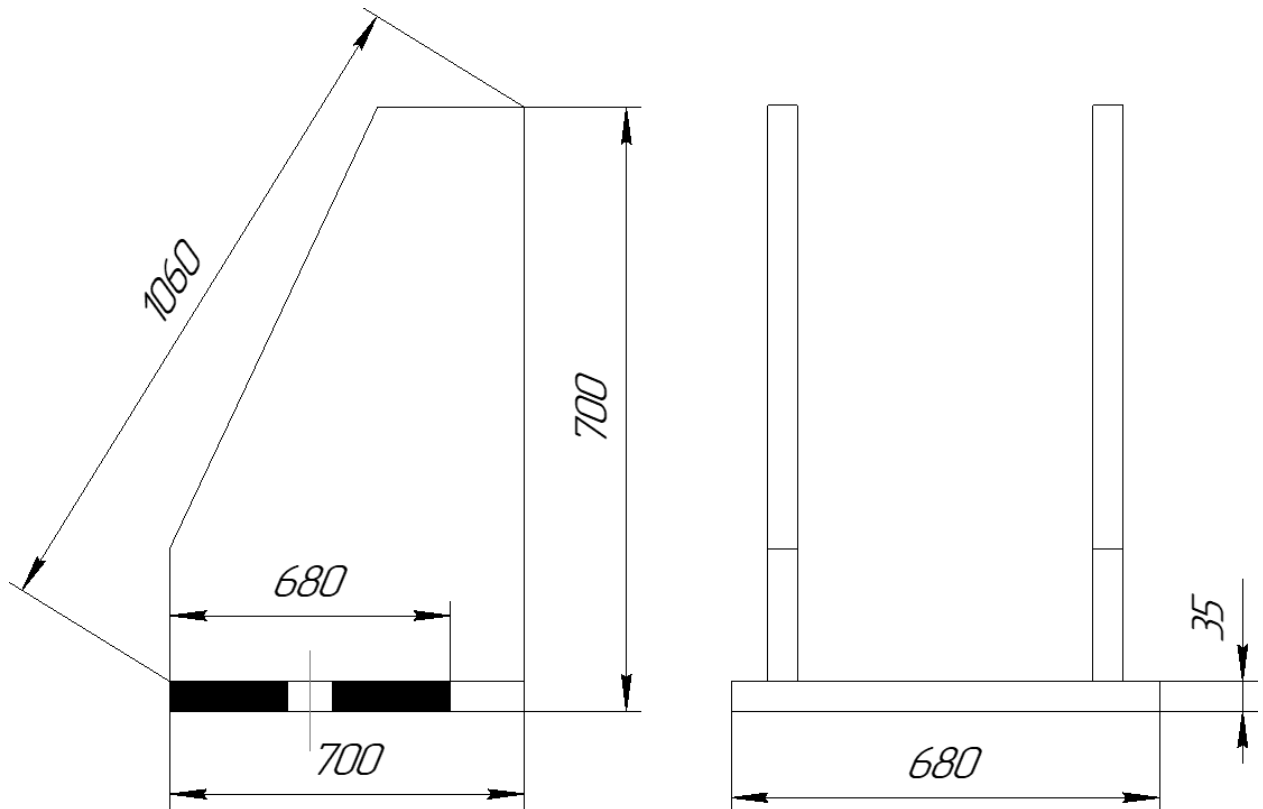


Рис.3.3. Конструкція опор апарату

5.4 Розрахунок форсунок для ежекційного апарату

Розрахунок проводиться на завод продуктивністю 3 тис. т/буряку за добу.

1. Витрата соку на сульфитацію:

$$\mathfrak{Z} = \frac{a \cdot A \cdot 10^3}{24 \cdot \rho}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.33)$$

де A – продуктивність заводу по буряку; $\frac{\text{т}}{\text{доб}} \left(3000 \frac{\text{т}}{\text{доб}} \right)$

ρ – густина барометричної води; $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \left(1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$

a - кількість води до $m_{\text{бур}}$:

$$a = a', \quad (5.34)$$

де a' - відкачка 120.5% до $m_{\text{бур}}$

$$a = a' = 120.5\% \text{ до } m_{\text{бур}} \quad (5.35)$$

$$\mathfrak{V} = \frac{1.2 \cdot 3000 \cdot 10^3}{24 \cdot 1000} = 151 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.36)$$

Оскільки одна форсунка на ежекційний апарат то:

$$\mathfrak{V} = 151 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.37)$$

2. Діаметр сопла форсунки для ежекційного апарату:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \mathfrak{V}}{3600 \cdot \pi \cdot \chi}} \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot p \cdot 10^5}} \quad (5.38)$$

де χ - 0.8 коефіцієнт витрати форсунки.

p – тиск рідини перед форсункою

$$P = P_{\text{нас.}} - P_{\text{ежект. ап.}} \quad (5.39)$$

Приймаємо $P_{\text{нас.}} = 3 \text{ Бар} = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 151}{3600 \cdot 3.14 \cdot 0.8}} \sqrt{\frac{1000}{2 \cdot 3 \cdot 10^5}} = 0.052 \text{ м} = 52 \text{ мм} \quad (5.40)$$

3. Діаметр камери закручування форсунки вибираємо, користуючись рекомендаціями Пажи Д.Г., Галустова В.С., що діаметр камери закручування повинен бути в межах 2.5 3 діаметри сопла форсунки:

$$D_k = 3 \cdot d_c = 3 \cdot 52 = 156 \text{ мм} \quad (5.41)$$

Прийmemo діаметр камери закручування 152 мм, товщину стінки 8 мм.

4. Розраховуємо діаметр підвідної труби задаючись швидкістю рідини у 3 м/с:

$$d = \sqrt{\frac{4\mathfrak{V}}{3600\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 151}{3600 \cdot 3.14 \cdot 3}} = 0.133 \text{ м} \quad (5.42)$$

Приймаємо діаметр підходящого трубопроводу 133 мм, товщина стінки 3,5 мм.

Висота сопла приймаємо 30 мм.

Інші розміри форсунки приймаємо конструктивно.

Конструктивний підбір основних розмірів ежектора

Основні розміри ежектора вибираємо, виходячи з рекомендацій Лямаєва Г.С. для ежекційних апаратів з довгою камерою змішування. Діаметр камери змішування рекомендується вибирати в межах п'яти діаметрів сопла форсунки для ежекційного апарату.

Визначимо діаметр камери змішування ежектора:

$$D_{\text{еж}} = 5d_c = 260 \text{ мм} \quad (5.43)$$

Довжина камери змішування ежекційного апарату з довгою камерою змішування рекомендується вибирати в межах десяти діаметрів камери змішування.

Визначимо довжину камери змішування ежектора:

$$l = 8D_{\text{еж}} = 2080 \text{ мм} \quad (5.44)$$

Приймаємо довжину камери $l=2100$ мм.

Інші розміри приймаємо конструктивно, виходячи з можливості виготовлення окремих вузлів та з дотриманням умов стандартизації на стандартні деталі (наприклад, фланці, болти і т.д.).

5.5 Визначення витрати продукту

Вихідні дані:

d — діаметр сопла відцентрово-струминної форсунки, $d = 0.052$ м

P_p — робочий тиск продукту перед соплом, $P_p = 0,5$ МПа

ρ — густина продукту, $\rho = 1000$ кг/м³;

Витрата продукту що виходить із сопла відцентрової форсунки рідинно-струменевого сульфітатора визначають за формулою:

$$\Pi_0 = F_c \cdot u_v \cdot K_{\Pi} \cdot K_v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.45)$$

де F_c — площа поперечного перерізу сопла відцентрово-струминної форсунки, м²;

u_v — швидкість виходу продукту через сопло, м/с;

K_{Π} — коефіцієнт перекриття;

K_v — коефіцієнт витрати.

Площа поперечного перерізу сопла відцентрово-струминної форсунки

$$F_c = \frac{\pi d^2}{4}, \text{ м}^2, \quad (5.46)$$

де d — діаметр сопла відцентрово-струминної форсунки, м.

$$F_c = \frac{3.14 \cdot 0.052^2}{4} = 2.124 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (5.47)$$

Швидкість виходу продукту через сопло

$$u_v = \sqrt{2gH_m}, \text{ м/с} \quad (5.48)$$

де g — прискорення сили тяжіння ($g = 9.81 \text{ м/с}^2$); H_m — тиск продукту перед отвором, м,

$$H_m = \frac{P_p \cdot 10^6}{\rho g} \quad (5.49)$$

де P_p — робочий тиск продукту перед соплом, МПа; ρ — густина продукту, кг/м^3 ;

$$H_m = \frac{0.5 \cdot 10^6}{1000 \cdot 9.81} = 51 \text{ м} \quad (5.50)$$

$$\text{Тоді: } u_v = \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 51} = 31.6 \text{ м/с} \quad (5.51)$$

Для сульфідаторів $K_{\Pi} = 0.667$. Коефіцієнт витрати $K_v = 0.65$.

$$\text{Отже, } \Pi_0 = 2.124 \cdot 10^{-3} \cdot 31.6 \cdot 0.667 \cdot 0.65 = 2.91 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.52)$$

5.6 Гідравлічний розрахунок технологічних трубопроводів і вибір насосу

Розрахуємо всмоктувальний і нагнітальний трубопровід для перекачування барометричної води.

$$\text{Складемо баланс енергії: } \frac{P_1}{\rho g} + H = Z_1 + Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + h'_w + h''_w \quad (5.53)$$

У цьому рівнянні ліва частина – це та енергія, що допомагає, а права- що заважає роботі насоса.

З цього рівняння:

$$H = Z_1 + Z_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h'_w + h''_w, \quad (5.54)$$

де $z_1=2$ м – висота всмоктування;

$z_2=10,51$ м – висота нагнітання;

$P_1=0,3$ МПа – тиск у всмоктувальній посудині;

$P_2=0,5$ МПа - тиск у нагнітальній посудині ;

h'_w, h''_w - втрати напору у всмоктувальному і нагнітальному трубопроводах.

Для розрахунку втрат напору визначимо діаметр труб.

Технічна продуктивність всмоктувальних і нагнітальних трубопроводів визначається з залежності: $A = \frac{86400 \cdot \pi \cdot 100 \cdot D^2 \cdot u \cdot \rho}{4 \cdot k \cdot a}$, т/добу, звідки

$$D = \sqrt{\frac{4A \cdot k \cdot a}{86400 \cdot \pi \cdot 100 \cdot u \cdot \rho}} \quad (5.55)$$

Тоді діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000 \cdot 1.15 \cdot 120.5}{86400 \cdot 3.14 \cdot 100 \cdot 0.8 \cdot 1}} = 0.29 \text{ м}, \quad (5.56)$$

де $A=3000$ т/добу – продуктивність заводу;

$u=0.8$ м/с – швидкість руху води в всмоктувальному трубопроводі;

$\rho=1$ т/м³ – густина барометричної води;

$k=1.15$ – коефіцієнт нерівномірності подачі води;

$a=120.5\%$ до маси буряків – кількість фільтрованого соку, що перекачується.

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000 \cdot 1.15 \cdot 120.5}{86400 \cdot 3.14 \cdot 100 \cdot 1.4 \cdot 1}} = 0,219 \text{ м}, \quad (5.57)$$

де $u=1,4$ м/с – швидкість руху соку в всмоктувальному трубопроводі.

Приймаємо згідно ДСТУ 8938:2019 діаметр всмоктувального трубопроводу $D_1=290$ мм, і діаметр нагнітального трубопроводу $D_2=219$ мм.

Втрати напору в всмоктувальному трубопроводі:

$$h'_w = h_1 + h_r = \frac{u_1^2}{2g} \left(\lambda_1 \frac{l_1}{D_1} + \sum \zeta \right), \quad (5.58)$$

де $u_1 = 0.8$ м/с – швидкість руху води;

λ_1 – коефіцієнт опору тертя, який визначається за формулою Маннінга:

$$\lambda_1 = \frac{a}{\sqrt[3]{D_1}} = \frac{0,0125}{\sqrt[3]{0.29}} = 0.0188, \quad (5.59)$$

де a – коефіцієнт, який залежить від стану труб (для нових сталевих труб $a = 0.0125$, [9];

$l_1 = 4$ м – довжина трубопроводу;

$\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів для всмоктувальної мережі, який визначається:

$$\begin{aligned} \sum \zeta &= \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4, \\ \sum \zeta &= 0.5 + 1 + 0.43 + 5.3 = 7.23, \end{aligned} \quad (5.60)$$

де $\zeta_1 = 0.5$ – вхід в циліндричну трубу з гострими кромками під кутом 90° , [9];

$\zeta_2 = 1$ – вихід з труби під рівнем рідини;

$\zeta_3 = 0.43$ – плавний поворот на кут 90° труби;

$\zeta_4 = 5.3$ – коефіцієнт опору стандартного вентиля з подільною стінкою під кутом 45° , [9].

Тоді

$$h'_w = \frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81} \left(0.0188 \cdot \frac{4}{0.29} + 7.23 \right) = 0.24 \text{ м} \quad (5.61)$$

Втрати напору в нагнітальному трубопроводі:

$$h_w'' = h_2 + h_r = \frac{u_2^2}{2g} \left(\lambda_2 \frac{l_2}{D_2} + \sum \zeta \right) \quad (5.62)$$

де $u_3 = 1.4$ м/с – швидкість руху соку;

λ_2 – коефіцієнт опору тертя, який визначається за формулою Маннінга:

$$\lambda_2 = \frac{a}{\sqrt[3]{D_2}} = \frac{0.0125}{\sqrt[3]{0.219}} = 0.021, \quad (5.63)$$

де $l_2 = 10.15$ м – довжина трубопроводу;

$\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів для нагнітальної мережі, який визначається:

$$\begin{aligned} \sum \zeta &= \zeta_1 \cdot 2 + \zeta_2 \\ \sum \zeta &= 0.43 \cdot 2 + 5.3 = 6.16, \end{aligned} \quad (5.64)$$

де $\zeta_1 = 0.43$ – коефіцієнт місцевого опору плавного повороту на кут 90° труби, [9]. Оскільки присутні два повороти, то ζ_1 беремо двічі;

$\zeta_1 = 5.3$ – коефіцієнт опору стандартного вентиля з подільною стінкою під кутом 45° .

$$h_w'' = \frac{1.4^2}{2 \cdot 9.81} \left(0.021 \cdot \frac{10.51}{0.219} + 6.16 \right) = 0.75 \text{ м}, \quad (5.65)$$

$$\text{Тоді повний напір: } H = 2 + 10.51 + \frac{(0.5 - 0.3) \cdot 10^6}{1000 \cdot 9.81} + 0.24 + 0.75 = 32.8 \text{ м} \quad (5.66)$$

За розрахованим напором H і заданою подачею $Q = 48.6$ л/с підбираємо по каталогу насос. Для заданих умов роботи підходить насос ОНЦ1-50/32 виробництва ТОВ "ЗАВОД УКРМАШПРОМ", $\eta = 70\%$, $N = 11$ кВт, $n = 2920$ хв⁻¹.

6. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Особливі умови на харчових виробництвах, такі як корозійно-активні харчові середовища, миючі та дезінфікуючі розчини, підвищена температура, висока швидкість руху робочих середовищ, значні перепади тиску тощо, визначають специфічні вимоги до вибору матеріалів для конструювання технологічного обладнання.

Однією з головних вимог до матеріалів, які застосовуються в технологічному обладнанні, є їх висока стійкість до корозії. Крім того, ці матеріали зазнають руйнування під впливом органічних середовищ, таких як ті, що використовуються в кондитерській, цукровій, виноробній, спиртовій, хлібопекарській, м'ясній та молочній промисловості.

При виборі конструкційного матеріалу, який контактує з харчовим середовищем, слід враховувати його токсичність та наявність дозволу від органів охорони здоров'я на використання цього матеріалу в конкретному харчовому виробництві. Також важливо оцінити корозійну стійкість матеріалу при тривалому впливі реальних харчових середовищ, підвищених температур і тисків, а також миючих і дезінфікуючих розчинів. Враховуються також механічна міцність для забезпечення необхідних робочих циклів деталей, вузлів і механізмів машини; технологічні властивості, такі як пресування, лиття, зварюваність тощо; та економічна доцільність.

З огляду на це, можна стверджувати, що термін експлуатації апарату залежить переважно від властивостей вибраних матеріалів та їх зносостійкості. Тому одним із ключових напрямків для збільшення терміну служби та підвищення надійності роботи апарату є правильний вибір конструкційних матеріалів.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Вибір конструкційних матеріалів	200289.KP.08.006 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

У рідинно-струменевому сульфідаторі відбувається безпосередня взаємодія з технологічними та харчовими середовищами, тривала безперервна робота, вплив абразивних домішок, агресивний вплив навколишнього середовища, миючих і дезінфікуючих розчинів, підвищена температура, значні перепади тиску, а також інші специфічні умови, що визначають особливі вимоги до вибору і використання конструкційних матеріалів.

Враховуючи умови в яких працює апарат, пропонується використання таких матеріалів:

Для корпусу, сепаратора та патрубку підведення двофазного середовища використовують чавун марки СЧ15 ДСТУ 8833:2019.

Для елементів ежекційного пристрою та днища з приварними лапами пропонується використання вуглецевих сталей марки Ст5, ДСТУ 2651:2005. Це низьковуглецева сталь звичайної якості. Вона добре піддається зварюванню, штампуванню в холодному і гарячому стані, а також може бути витягнута. Застосовується без термічної обробки для виготовлення зварених і штампованих деталей, таких як «корита» верстатів, баки, кришки, кожухи, прокладки, вали без навантаження і інші вироби. Ця сталь доступна у формі сортового прокату, стрічок і листів.

7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ФЛАНЦЯ

Для виготовлення фланця в якості вихідного матеріалу обираємо лист сталі Ст5 товщиною 25 мм згідно ДСТУ 8540:2015. Вирізання заготовки з листа відбувається на верстаті газо-плазмової різки. Вихідним документом для розроблення кресленика заготовки є кресленик деталі, на який додається припуск для механічної обробки. Припуск на обробку механічну залежить від габаритних розмірів деталі, є величиною регламентною і складає 0,7 – 5 мм для сталі.

7.1 Службове призначення деталі

Фланець – це деталь для скріплення частин ежектора, а саме приймальної камери, камери змішування і патрубк корпусу сульфідатора. Конструкція має дванадцять отворів Ø11 мм, які призначені для кріплення фланців один до одного. Центрування деталі йде по внутрішній циліндричній поверхні Ø300 мм і торцевій поверхні.

7.2 Вибір припусків

Обираємо розмір припусків згідно табличних даних [11] згідно розмірів деталі, заносимо в таблицю.

Таблиця 7.1. Припуски на обробку

Методи оброблення	Квалітет точності	Припуск на діаметр, мм	Операційні розміри, мм	Прийняті розміри, мм
Зовнішня поверхня Ø350				
Розмір заготовки	T4	5	350+5=355 мм	Ø355
Обточування напівчисте	h14	5	360-5=355 мм	Ø350
Внутрішня поверхня Ø300				
Розмір заготовки	T4	5	300-5=295 мм	Ø295
Обточування напівчисте	H14	5	395+5=300 мм	Ø300

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Технологічний маршрут виготовлення фланця		200289.КР.08.007 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/8

7.3 Розроблення технологічного маршруту виготовлення деталі

Технологічний маршрут має бути оптимальний за техніко-економічними показниками з урахуванням типу виробництва, матеріалу деталі.

Таблиця 7.2 Технологічний маршрут виготовлення деталі

Номер, назва і короткий зміст операції, переходів	Технологічне обладнання	Технологічна база	Верстатний пристрій, інструмент оброблювальний, контрольний
005. <i>Вирізна</i> 1. Вирізати заготовку діаметром $\varnothing 355$ мм	Верстат газоплазмової різки REINER TC1300A	Торцева поверхня	
010. <i>Токарна</i> 1. Підрізати торець 1 витримуючи розмір $l=22,5$ мм. 2. Точити напівчисто поверхню 2 у розмір $\varnothing 310$ довжиною $l=5$ мм. 3. Точити напівчисто поверхню 3 у розмір $\varnothing 350$ довжиною $l=15$ мм. 4. Зняти фаску $2 \times 45^\circ$.	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	Внутрішня поверхня обертання $\varnothing 295$; торець 5.	Кулачковий патрон, прохідний різець відігнутий правий T15K6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; $V_x H_x L = 16 \times 25 \times 140$, галтельний різець правий T15K6, ШЦ1
015. <i>Токарна</i> 1. Підрізати торець 5 витримуючи розмір $l=20$ мм. 2. Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов. 6. 3. Точити напівчисто поверхню 7 у розмір $\varnothing 300$ довжиною $l=20$ мм.	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	Зовнішня поверхня обертання $\varnothing 350$; торець 1.	Кулачковий патрон, прохідний різець відігнутий правий T15K6, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$; $V_x H_x L = 16 \times 25 \times 140$, ШЦ1
020. <i>Свердлильна</i> 1. Свердлити 12 отворів пов.8 у розмір $\varnothing 11$ мм.	Вертикально-свердлильний верстат 2A125	Внутрішня поверхня обертання $\varnothing 350$, торець 5.	Кулачковий патрон, упор, свердло $\varnothing 11$ мм.

7.4 Розрахунок режимів різання на прикладі токарної операції 010

Перехід 10.1. Підрізати торець 1 витримуючи розмір $l=22,5$ мм.

1. Глибину різання визначаємо за формулою

$$t = Z = 2.5 \text{ мм} \quad (7.1)$$

2. За нормативними таблицями [11, с.237] визначаємо подачу, яка перебуває в інтервалі $0,8 \dots 1,3$. За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16K20, приймаємо $S_b = 1$ мм/об.

3. Поправочний коефіцієнт для сталі 5:

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{UV} = 1.53 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.482, \quad (7.2)$$

де K_{MV} - коефіцієнт, який ураховує якість оброблюваного матеріалу;

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{490} \right)^1 = 1.53, \quad (7.3)$$

де $K_r = 1$ - коефіцієнт, який ураховує групу сталі за оброблюваністю; $n_v = 1$ - показник степені, який ураховує групу сталі за оброблюваністю; $K_{PV} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання; $K_{UV} = 0.35$ - коефіцієнт, який ураховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

4. Швидкість різання розраховуємо за формулою

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{120^{0.2} \cdot 2.5^{0.15} \cdot 1^{0.45}} \cdot 0.482 = 54.83 \text{ м/хв}, \quad (7.4)$$

де коефіцієнти $C_v = 340$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо з таблиці [11]; T — середнє значення періоду стійкості різця (для різців зі швидкорізальної сталі $T=60 \dots 90$ хв і для різців із твердосплавною різальною пластинкою $T=90 \dots 120$ хв).

5. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 54.83}{3.14 \cdot 355} = 49.16 \text{ об/хв}, \quad (7.5)$$

де $D_{\text{заг}}$ — діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункову частоту обертання n пр коригуємо за паспортними даними верстата. Із низки значень частоти обертання шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_B = 40$ об/хв.

6. За вибраним значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} = \frac{3.14 \cdot 355 \cdot 40}{1000} = 44.61 \text{ м/хв} \quad (7.6)$$

7. Основний час переходу розраховуємо за формулою:

$$t_o = \frac{L}{n_B S_B} = \frac{32}{40 \cdot 1} = 0.8 \text{ хв} \quad (7.7)$$

Розрахункова довжина різання поверхонь L :

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 = 30 + 2 = 32 \text{ мм}, \quad (7.8)$$

де $l_0 = \frac{355 - 295}{2} = 30$ мм - довжина різання, мм; $l_1 = 2$ - довжина підводу

різучого інструменту до поверхні деталі, яка обробляється, мм; $l_2 = 0$ мм, $l_3 = 0$ - довжина врізання і перебігу, мм;

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0.2 + 0.11 + 0.11 + 0.28 = 0.7 \text{ хв}, \quad (7.9)$$

де $t_{\text{вст}} = 0,2$ — час на встановлення, затискання та зняття деталі в центрах без хомутика масою 3 кг.; $t_{\text{пер}} = 0,11$ — час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точністю $\leq 0,2$ мм та автоматичним переміщенням супорта, хв; $t_{\text{зм}} = 0,06 + 0,05 = 0,11$ — час, необхідний для зміни режимів роботи верстата та на заміну різального інструменту, хв; $t_{\text{к}} = 0,28$ — час на контрольні вимірювання оброблюваної поверхні, хв.

Перехід 10.2. Точити напівчисто поверхню 2 у розмір $\varnothing 310$ довжиною $l=5$ мм.

1. Глибину різання визначаємо за формулою

$$t = \frac{Z}{2} = \frac{355 - 310}{2} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ мм} \quad (7.10)$$

2. Величина глибини завелика для однієї операції, тому розділимо її на три проходи:

$$t = \frac{22.5}{3} = 7.5 \text{ мм} \quad (7.11)$$

3. За нормативними таблицями [11, с.237] визначаємо подачу, яка перебуває в інтервалі 0,6...1,0. За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16K20, приймаємо $S_B = 1 \text{ мм/об}$.

4. Швидкість різання розраховуємо за формулою

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{120^{0.2} \cdot 7.5^{0.15} \cdot 1^{0.45}} \cdot 0.482 = 46.5 \text{ м/хв}, \quad (7.12)$$

де коефіцієнти $C_v = 340$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо з таблиці [11]; T — середнє значення періоду стійкості різця (для різців зі швидкорізальної сталі $T = 60 \dots 90 \text{ хв}$ і для різців із твердосплавною різальною пластинкою $T = 90 \dots 120 \text{ хв}$).

5. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 46.5}{3.14 \cdot 355} = 41.7 \text{ об/хв}, \quad (7.13)$$

де $D_{\text{заг}}$ — діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункову частоту обертання n_p коригуємо за паспортними даними верстата. Із низки значень частоти обертання шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_B = 40 \text{ об/хв}$.

6. За вибраним значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} = \frac{3.14 \cdot 355 \cdot 40}{1000} = 44.61 \text{ м/хв} \quad (7.14)$$

7. Основний час переходу розраховуємо за формулою:

$$t_o = \frac{L}{n_B S_B} = \frac{7}{40 \cdot 1} = 0.175 \text{ хв} \quad (7.15)$$

Розрахункова довжина різання поверхонь L :

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 = 5 + 2 = 7 \text{ мм}, \quad (7.16)$$

де $l_0 = 5$ мм - довжина різання, мм; $l_1 = 2$ - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі, яка обробляється, мм; $l_2 = 0$ мм, $l_3 = 0$ - довжина врізання і перебігу, мм;

Отримане значення часу множимо на 3 проходи:

$$t_o = t_{1/3} \cdot 3 = 0.175 \cdot 3 = 0.525 \text{ хв} \quad (7.17)$$

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0.11 + 0.05 + 0.28 = 0.44 \text{ хв}, \quad (7.18)$$

де $t_{\text{вст}} = 0$ — деталь вже встановлена; $t_{\text{пер}} = 0,11$ — час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точністю $\leq 0,2$ мм та автоматичним переміщенням супорта, хв; $t_{\text{зм}} = 0,05$ — час, необхідний для зміни різального інструменту, хв; $t_{\text{к}} = 0,28$ — час на контрольні вимірювання оброблюваної поверхні, хв.

Перехід 10.3. Точити напівчисто поверхню 3 у розмір $\varnothing 350$ довжиною $l=15$ мм.

1. Глибину різання визначаємо за формулою

$$t = \frac{Z}{2} = \frac{355 - 350}{2} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ мм} \quad (7.19)$$

2. За нормативними таблицями [11, с.237] визначаємо подачу, яка перебуває в інтервалі $0,7 \dots 1,2$. За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16K20, приймаємо $S_b = 1$ мм/об.

3. Швидкість різання розраховуємо за формулою

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{120^{0.2} \cdot 2.5^{0.15} \cdot 1^{0.45}} \cdot 0.482 = 54.83 \text{ м/хв}, \quad (7.20)$$

де коефіцієнти $C_v = 340$; $m = 0.2$; $x = 0,15$; $y = 0,45$ вибираємо з таблиці [11]; T — середнє значення періоду стійкості різця (для різців зі швидкорізальної сталі $T=60 \dots 90$ хв і для різців із твердосплавною різальною пластинкою $T=90 \dots 120$ хв).

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 54.83}{3.14 \cdot 355} = 49.16 \text{ об/хв}, \quad (7.21)$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункову частоту обертання n_p коригуємо за паспортними даними верстата. Із низки значень частоти обертання шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_b = 40 \text{ об/хв}$.

5. За вибраним значенням n_b визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_b}{1000} = \frac{3.14 \cdot 355 \cdot 40}{1000} = 44.61 \text{ м/хв} \quad (7.22)$$

6. Основний час переходу розраховуємо за формулою:

$$t_o = \frac{L}{n_b S_b} = \frac{17}{40 \cdot 1} = 0.425 \text{ хв} \quad (7.23)$$

Розрахункова довжина різання поверхонь L :

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 = 15 + 2 = 17 \text{ мм}, \quad (7.24)$$

де $l_0 = 15 \text{ мм}$ - довжина різання, мм; $l_1 = 2$ - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі, яка обробляється, мм; $l_2 = 0 \text{ мм}$, $l_3 = 0$ - довжина врізання і перебігу, мм;

7. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0.11 + 0.05 + 0.28 = 0.44 \text{ хв}, \quad (7.25)$$

де $t_{\text{вст}} = 0$ — деталь вже встановлена; $t_{\text{пер}} = 0,11$ — час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точністю $\leq 0,2 \text{ мм}$ та автоматичним переміщенням супорта, хв; $t_{\text{зм}} = 0,05$ — час, необхідний для зміни різального інструменту, хв; $t_{\text{к}} = 0,28$ — час на контрольні вимірювання оброблюваної поверхні, хв.

Перехід 10.4. Зняти фаску 2x45°.

1. Оперативний час на зняття фаски визначаємо з таблиці, $t_o = 0.2$ хв.
2. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0.11 + 0.05 + 0.28 = 0.44 \text{ хв}, \quad (7.26)$$

де $t_{\text{вст}} = 0$ — деталь вже встановлена; $t_{\text{пер}} = 0.11$ — час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точністю ≤ 0.2 мм та автоматичним переміщенням супорта, хв; $t_{\text{зм}} = 0.05$ — час, необхідний для зміни різального інструменту, хв; $t_{\text{к}} = 0.28$ — час на контрольні вимірювання оброблюваної поверхні, хв.

7.5 Визначення норм часу на виконання токарної операції № 010:

1. Визначаємо оперативний час на операцію за формулою:

$$t_{\text{оп}} = \sum_{i=0}^n t_{oi} + \sum_{i=0}^n t_{допi} = (0.8 + 0.525 + 0.425 + 0.2) + (0.7 + 0.44 + 0.44 + 0.44) = 3.97 \text{ хв} \quad (7.27)$$

2. Час на технічне й організаційне обслуговування робочого місця

$$t_{\text{обсл}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}} = 0.1 + 0.06 = 0.16 \text{ хв}, \quad (7.28)$$

де $t_{\text{тех}}$ — час на технічне обслуговування робочого місця, хв;

$$t_{\text{тех}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\alpha}{100} \right) = 3.97 \cdot \left(\frac{2.5}{100} \right) = 0.1 \text{ хв}, \quad (7.29)$$

$t_{\text{орг}}$ — час на організаційне обслуговування робочого місця;

$$t_{\text{орг}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\beta}{100} \right) = 3.97 \cdot \left(\frac{1.4}{100} \right) = 0.06 \text{ хв} \quad (7.30)$$

3. Визначаємо час на відпочинок і природні потреби робітника

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{о.п.}}}{100} \right) = 3.97 \cdot \left(\frac{1.6}{100} \right) = 0.07 \text{ хв} \quad (7.31)$$

4. Штучний час

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}} = 3.97 + 0.16 + 0.07 = 4.20 \text{ хв} \quad (7.32)$$

8. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ

8.1. Монтаж

Перед проведенням монтажу сульфідатора важливо виконати підготовчі процедури. Це включає видалення мастила шляхом протирання всіх деталей бяззю, змоченою уайт-спіритом. Також необхідно провести огляд, спрямований на виявлення відсутності тріщин, сколів та інших пошкоджень корпусу сульфідатора, а також перевірити наявність можливих шляхів проникнення газів і рідини з корпусу сульфідатора в навколишнє середовище.

Після встановлення сульфідатора і щита управління на заздалегідь підготовлені майданчики на другому поверсі заводу, сульфідатор закріплюється болтами на металоконструкції. Після цього проводиться монтаж трубопроводів, які з'єднують арматури і труби для виведення відпрацьованого газу з сульфідатора в атмосферу. Цей процес важливий для забезпечення ефективної роботи сульфідатора та безпечного видалення відпрацьованих газів з виробничого приміщення.

Так, після завершення монтажу сульфідатора і трубопроводів важливо покрити їх ізоляцією. Це дозволяє зберегти оптимальну температуру у системі і запобігти втраті тепла. Крім того, для забезпечення безпеки і ефективності роботи, трубопроводи повинні мати індивідуальні підвіски, щоб їх маса не впливала на сульфідатор та не створювала надмірного навантаження на його конструкцію.

Манометр МТ1 зі шкалою 0-6 кгс/см² встановлюють на трубопроводі подачі робочої рідини на сульфітацію в зручному для спостереження з площадки обслуговування місці.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Монтаж, експлуатація		200289.КР.08.008 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.	та налагодження обладнання		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/4

8.2. Експлуатація

Робота рідинно-струминних сульфитаторів соку на цукровому заводі зазвичай проводиться безперервно та цілодобово для забезпечення неперервного виробництва цукру. Періодичне технічне обслуговування необхідне для забезпечення ефективності роботи обладнання і підтримки його безперебійності протягом тривалого періоду експлуатації. Технічне обслуговування засобів автоматизації, налаштування і регулювання проводяться згідно з інструкціями, наданими виробниками комплектуючих виробів, що допомагає забезпечити правильну роботу систем автоматизації та контролю виробництва.

Такий план обслуговування є важливою складовою для забезпечення ефективності роботи сульфитатора і підтримки його безперебійної роботи протягом сезону виробництва цукру. Проведення зовнішнього огляду та видалення виявлених неполадок допомагає запобігти можливим проблемам, які можуть виникнути внаслідок зносу або несправностей обладнання. Очищення обладнання також є важливим кроком для забезпечення його ефективної роботи, оскільки це дозволяє уникнути забруднення та затримки в процесі.

Технологічні параметри та основні вимоги до процесу сульфитації

Значення рН сульфітованого соку 8,9 - 9,2

Значення рН сульфітованого сиропу 8,0 - 8,5

Значення рН клеровки перед сульфитацією не нижче 7,2

Значення рН барометричної води 6,2-6,6

Вміст вільних сульфатів в соку та сиропі, % SO до маси продукту 0,002 - 0,003

На сульфитацію повинен надходити вода, сік II сатурації або сироп, оброблені до оптимальної лужності (рН), без слідів каламуті.

Для ефективної роботи сульфитації необхідно автоматичне регулювання процесу.

Оптимальні значення рН сульфітованого води, соку та сиропу вказує лабораторія заводу в залежності від якості перероблюваного буряку.

Пуск сульфітаційної установки в роботу

При активації рідинно-струменевих сульфітаторів соку (сиропу), насос увімкнений, вентиль відкритий, щоб подавати сік (сироп) в сульфітатор.

Сірку розпалюють у печі та активують її електропривід. Для теплообміну у теплообмінну камеру сублиматора подається холодна вода, і регулюється подача необхідної кількості сірчистого газу у сульфітатор. рН води перевіряють після сульфітації.

При досягненні стійкого режиму та досягненні заданого значення рН переводять роботу сульфітаційної установки в автоматичний режим. У випадку ручного керування роботою сульфітаційної установки регулюють інтенсивність горіння сірки у печі.

Правила ведення процесу сульфітації

Сульфітацію здійснюють при рівномірному потоці соку, сиропу або води.

При веденні процесу контролюють рН сульфітованого соку, сиропу або води.

Стежать за інтенсивністю горіння сірки в печі.

Зупинка сульфітаційної установки

Припиняють подачу соку, сиропу або води в сульфітатор. Припиняють спалення сірки в сіркоспалювальній печі. Вимикають воду, що надходить в сублиматор. Відкривають спускний вентиль для повного спорожнення сульфітатора.

Таблиця 8.1. Характерні несправності сульфітатора та способи їх усунення

Несправність 1	Причина 2	Спосіб усунення 3
Знизилась продуктивність, причому тиск на виході нормальний.	Забився отвір диска на вході.	Зняти диск, очистити отвір.
Відсутня подача соку.	Не качає насос.	Ввімкнути інший насос.
Просочення рідини в місцях роз'єднань.	Недостатнє ущільнення вказаних з'єднань.	Підтягнути болти, замінити прокладки.
Заслінка подачі газу відкрита, низький рівень рН.	Низька концентрація сірчистого ангідриду в газі	Збільшити кількість спаленої сірки.
Знизився тиск стисненого повітря	Не працює компресор	Перейти на ручне управління.
	Витікання повітря в нагнітаючій комунікації	Знайти місце витікання газу.

8.3. Ремонт

Під час ремонту проводиться повне розбирання та очищення сульфітатора та його складових частин (включаючи сопла та арматуру). Ремонтні роботи з використанням засобів контрольно-вимірювальної приладової апаратури (КВП) здійснюються відповідно до інструкцій, наданих заводом-виробником.

Після 2-3 сезонів експлуатації виконується капітальний ремонт, в рамках якого, крім звичайних ремонтних процедур, проводиться заміна прокладок на кришці та царгах апарату, посилення ремонту вентилів зі зміною деталей, а також повна заміна вентилів.

9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Перед використанням води для дифузії її піддають процесу сульфітації. Барометрична вода в початковому стані містить таку кількість солей, яка негативно впливає на протікання технологічного процесу, а значення рН може не відповідати оптимальному значенню, яке дорівнює 6,2-6,6 рН.

Головною проблемою автоматичного регулювання рівня рН є недостатня адаптованість сіркоспалювальних печей типу БВЯ до автоматизації.

На підставі досвіду деяких підприємств можна зазначити, що можливе використання модернізованих конструкцій сіркоспалювальних печей, яке полягає у тому, що у камері плавлення даної печі сірка розплавляється спеціальним нагрівальним елементом і, через форсунку, поступає до камери згорання. Регулювання рівня рН води здійснюється шляхом зміни подачі стисненого повітря до форсунки, що впливає на об'єм подачі розплавленої сірки в камеру змішування, тим самим контролюючи кількість газу, що поступає до сульфітатора.

На рис. 9.1 показано схему автоматизації процесу сульфітації барометричної води з використанням печі типу БВЯ. Значення рН сульфітованої води визначається шляхом застосування високоточного перетворювача ПВУ-2556 1г, оснащеного датчиком 1д, що може бути зануреним (ДПг-5274) або проточного типу (ДПр-5215). Імпульс, отриманий від перетворювача (0-50 мВ), подається на електронний потенціометр ЄПД 2. Пневматичний імпульс з потенціометра подається через байпасну панель дистанційного управління 1в на регулюючий клапан 1е, який регулює випуск газу в атмосферу. Регулюючі клапани для цієї системи мають бути виготовлені з гуми (наприклад, шлангові) або нержавіючої сталі (наприклад, КЯ) через агресивність середовища.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва	200289.КР.08.009 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.	Опис системи управління	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/4	

Таблиця 9.1. Перелік обладнання автоматизації

Номер позиції	Параметр, середовище, місце відбору сигналу	Граничне значення параметра	Місце встановлення	Найменування приладів	Тип. Завод виробник	Кількість
1	2	3	4	5	6	7
1г, 2г	Концент рація		На щиті	Вторинний пневматичний, показу вальний, самописний прилад із вбудованою станцією керування	ПВ10.19. Тизприлад, м. Москва	2
1д, 2д	Концент рація		На щиті	Комплект рН-метра у комплекті з електропневмоперетвор ювачем.	РН-261, ЕПП-63. Завод вимірювальн их приладів, м. Гомель	2
3г	Концент рація			Вторинний пневматичний, показу вальний, самописний прилад із вбудованою станцією керування	ПВ10.19. Тизприлад, м. Москва	1
3д				Комплект рН-метра у комплекті з електропневмоперетвор ювачем	РН-261, ЕПП-63. Завод вимірювальн их приладів, м. Гомель	1

Продовження табл. 9.1.

3а				П'єзометричний датчик	5РИМ. Завод вимірювальних приладів, м. Таллін	1
3в			На щиті	Регулятор витрати повітря		
3б			На місці	Дифманометр	ДМ	
2а	Концентрація			Газоаналізатор ГЄД-УЗ		
2б	Концентрація		На місці	Відбірний прилад		1
2в	Концентрація		На щиті	Показуючий пристрій		
4а	Температура		За місцем	Термометр опору мідний	ТСМ-5071. Львівприлад, м. Львів	1
4б	Температура		На щиті	Логометр показувальний		
1е, 2е, 3е			За місцем	Мембранний виконавчий механізм	МИМ200-111-143011	3

10. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Закон України про охорону праці

В Україні 22 листопада 2002 р. був прийнятий Верховною Радою Закон «Про охорону праці» із змінами та доповненнями. Цей закон, а також «Кодекс законів про працю України» складає основну правову базу у сфері охорони праці. До них додаються державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти, які включають стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи з обов'язковим застосуванням усіма установами та працівниками України.

Інструктажі та навчання

Навчання з питань безпеки в продуктовому відділенні цукрового заводу починається зі вступного інструктажу, який проводиться інженером з охорони праці. Цей інструктаж фіксується в спеціальному журналі, який зберігається протягом 35 років. Всі наступні інструктажі проводяться безпосередньо керівниками робіт.

Первинний інструктаж здійснюється безпосередньо на робочому місці перед початком роботи з новим працівником або працівником, який починає виконувати новий вид робіт. Він проводиться індивідуально або для групи осіб, які виконують однакові функції, за підготовленою програмою, що включає вимоги з охорони праці, і здійснюється лише один раз.

У цьому випадку первинний інструктаж проводиться з персоналом згідно з інструкціями з охорони праці, що стосуються конкретного виду робіт, а саме:

- Інструкція з охорони праці при роботі з сульфітаційним апаратом;
- Інструкція з електробезпеки;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Заходи з охорони праці	200289.KP.08.010 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/9	

- Інструкція з охорони праці при роботі на висоті;
- Інструкція з охорони праці з небезпечними хімічними речовинами;
- Інструкція по наданню першої медичної допомоги;

Майстер проводить повторний (плановий) інструктаж на робочому місці відповідно до встановленої для цього виду робіт періодичності, яка становить не більше шести місяців для звичайних умов і три місяці для робіт з підвищеною небезпекою. Запис про проведений повторний інструктаж заноситься до журналу повторних інструктажів на робочому місці. Повторний інструктаж проводиться відповідно до тих же інструкцій, що і первинний.

Позаплановий інструктаж проводиться майстром індивідуально або з групою робітників однієї професії. Це відбувається у разі змін у правилах охорони праці, технологічному процесі або порушенні робітниками правил техніки безпеки.

Забезпечення санітарно-побутових приміщень

Санітарно-побутові приміщення служать для задоволення потреб працюючих під час роботи, у відповідності з СНіП 11.92-81 “Допоміжні будівлі”. Крім того наявність побутових приміщень поряд з виробничими, основна вимога GMP.

До складу побутових приміщень входять:

- роздягальні;
- душові
- умивальники;
- санвузли.

Роздягальні мають особисті шафи для зберігання робочого, домашнього та спеціального одягу. Ширина проходу між шафами 1,2...1,5 м. Кількість душових з розрахунку – один на 8 чоловік, умивальники – по одному на 20 чоловік (працюючих у найбільшу зміну), санвузли – по одному на 15 чоловік (для жінок); по одному на 10 чоловік (для чоловіків).

Травматизм

Розслідування нещасних випадків на виробництві проводиться згідно «Порядку проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» затвердженого Постановою КМ України 30.11.2011 р. № 1232.

На підприємстві виробничий травматизм охоплює всі травми, які стаються під час робочого процесу. Це включає нещасні випадки, які є результатом виробничої діяльності, а також ті, що не мають прямого відношення до виробництва. Для аналізу виробничого травматизму використовуються три основні методи: статистичний, монографічний і економічний.

У разі нещасного випадку на відділенні сульфатаційних установок потерпілий або свідки зобов'язані сповістити начальника або власника підприємства. Останній формує комісію для проведення розслідування, до якої включаються інженер з охорони праці, начальник цеху, представник профспілок і страховий експерт з охорони праці Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві. Комісія працює протягом 3-х робочих днів та складає акт за формою Н-5, а якщо пов'язаний з виробництвом – Н-1 на кожного потерпілого.. У випадку серйозної травми, нещасного випадку з групою працівників або інциденту зі смертельним наслідком, рішення про створення комісії з особливого розслідування приймається територіальним органом Держгірпромнагляду за місцем події.

Шкідливі та небезпечні фактори

Небезпечні та шкідливі фактори за природою дії класифікуються на кілька груп: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. У відділенні сульфатаційних установок фізичні небезпечні виробничі фактори включають рухомі машини та механізми, пересувні частини обладнання, висока запиленість та забрудненість повітря, збільшена температура поверхонь обладнання та робочої зони, значний шум і вібрації, небезпечні напруги в електричних колах, а

також підвищені рівні електричного та магнітного поля. Також існують психофізіологічні небезпечні фактори, такі як статичні та динамічні навантаження, нервово-психічні напруження, розумове та емоційне перенапруження, монотонність роботи та перевантаження органів чуття.

Мікроклімат

Нормальне теплове самопочуття людини під час виконання будь-якої роботи може бути досягнуто за певної комбінації таких параметрів повітря: температурою $^{\circ}\text{C}$ – (17...19 $^{\circ}\text{C}$); швидкості руху, м/с – (взимку швидкість руху повітря не має перевищувати 0,2...0,5 м/с, а влітку 0,2...1,0 м/с); і відносної вологості, % – (40...60%); рухливістю повітря тепловим випромінюванням Вт/м² (це все об'єднується від загальним терміном «Метеорологічні умови виробничого середовища»), котрі нормуються за ДСН 3.3.6.042 – 99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Норми мікроклімату встановлюються в залежності від періоду року та категорії робіт. Періоди року поділяються на теплий і холодний (середньодобова температура $> +10^{\circ}\text{C}$ та $< -10^{\circ}\text{C}$ відповідно до сезону).

У відділенні сульфатаційних установок, допускаються такі оптимальні параметри:

- температура повітря 17...24 $^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість 40...60 %;
- швидкість руху повітря 0,2 м/с.

Проходи і робочі місця у приміщенні потрібно тримати в чистоті, не допускаючи загромадження робочих місць і проходів матеріалами, обладнанням, запасними частинами.

Вентиляція

Згідно з нормами ДБН Д.2.2-20-99 у відділенні сульфітаційних установок застосовується загально-обмінна припливно-витяжна вентиляція. Це забезпечує створення потрібного мікроклімату і чистоти повітря у всьому робочому приміщенні, а також відведення надлишкового тепла. Місцеві відсмоктувачі встановлені над сульфітаційними установками для ефективного видалення шкідливих речовин..

Припливно-витяжна вентиляція повинна забезпечувати восьмикратний обмін повітря. Вентиляційні установки мають бути заземлені. Все обладнання та матеріали вентиляційних систем повинні відповідати вимогам щодо вибухо-пожежної безпеки.

Заходи безпеки при експлуатації сульфітатора

Перед початком виробництва цукру необхідно провести перевірку сульфітаторів і підвідних трубопроводів на герметичність.

Сульфітатори мають бути оснащені витяжною трубою для видалення відпрацьованого газу. Ця труба має бути виведена в атмосферу на висоту не менше 2 м над коником даху таким чином, щоб забезпечити розсіювання газу до допустимої концентрації, визначеної згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007.

Встановлення запірних пристроїв на витяжній трубі є недопустимим.

Конструкція та виготовлення сульфітаційних установок повинні забезпечити виключення проникнення сірчистого газу в зону обслуговування.

Сульфітаційні установки мають бути виготовлені з матеріалів, що стійкі до впливу сірчистої кислоти. Сульфітатори, які працюють на рідкому сірчистому ангідриді, повинні бути обладнані випарником сірчистого ангідриду.

У нижній частині сульфітаторів для видалення рідини повинні бути встановлені спускні штуцери. В конструкції сульфітаторів передбачено наявність люків - лазів для доступу.

Для установки та зняття кришок передбачені спеціальні скоби.

Освітлення виробничих приміщень

Раціональне виробниче освітлення забезпечує технологічний комфорт, попереджає розвиток зорового та загального стомлення, виключає професійні захворювання очей, сприяє збільшенню продуктивності, знижує небезпеку травматизму.

Для забезпечення нормального освітлення передбачається природне і штучне освітлення. Освітлення у відділенні повинне відповідати вимогам ДБН-В.5-28-2006р.

Протягом дня активно використовується природне освітлення, що проникає в приміщення через вікна та при необхідності через освітлювальні ліхтарі і дах. Планування природного освітлення на робочих місцях враховує глибину приміщення, площу підлоги, кількість вікон і ліхтарів, а також можливе затінення сусідніми будівлями. Робочі зони, які не отримують достатнього природного світла, освітлюються штучно. Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне і охоронне.

У темну частину доби використовуються ліхтарі з люмінесцентними або розжарювальними лампами. Люмінесцентні лампи застосовуються для загального освітлення, тоді як розжарювальні — для місцевого освітлення та в умовах аварій. Ліхтарі з розжарювальними лампами встановлюються над місцями, де розміщені вимірювальні прилади, щити та пульти управління.

Шум і вібрація

Основна мета регулювання шуму в сульфітаційних установках полягає встановленні припустимих рівнів шуму, які, при щоденному впливі протягом робочого дня і протягом тривалого періоду, не спричиняють значних захворювань людського організму і не перешкоджають нормальній трудовій діяльності. Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються за санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99. Основним документом, що визначає гігієнічні норми вібрації є

Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99.

Під час обслуговування сульфітаційних установок працівники використовують навушники з перемовним пристроєм або беруші.

Електробезпека

У відділенні сульфітаційних установок за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища за правилами ПУЕ відноситься до приміщень підвищеної небезпеки.

У цеху велика кількість електричних приладів, які становлять значну небезпеку для робітників, тому забезпечення електробезпеки є однією з основних завдань служби охорони праці на підприємстві. Для досягнення цієї мети вживаються наступні заходи:

- Встановлення захисних огорож для уникнення доторкання до струмоведучих частин.
- Заземлення всіх металевих неструмоведучих конструкцій електричного обладнання.
- Застосування систем захисного відімкнення електричного струму в разі замикання на корпус електродвигунів приводу машини або їх перевантаження.
- Закриття всіх електричних щитів живлення захисними коробками.
- Проведення ремонту та профілактики машин тільки при відімкненому електричному живленні.
- Обладнання всіх машин цеху, що живляться змінною напругою 220/380 В, заземленням і аварійним відімкненням.

Пожежна безпека

Згідно Правил пожежної безпеки в Україні (затверджених наказом Міністерства Внутрішніх Справ України № 1417 від 30.12.2014, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 5 березня 2015р. за №252/26697) підприємство

належить до категорії Г по вибухо- та пожежонебезпеці. Усі виробничі приміщення та будівельні споруди споруджені з матеріалів, що не підтримують горіння. Монтаж електричного обладнання та електропроводки виконані відповідно до вимог пожежної безпеки. Будівля побудована не нижче II ступеня вогнестійкості. Запобіганню пожеж сприяє герметизація виробничого обладнання, контроль концентрації речовин у повітрі в приміщеннях та технологічному обладнанні, а також використання робочої та аварійної вентиляції. Важливу роль відіграє протипожежне водопостачання. В продуктовому відділенні користуються переважно вогнегасниками: вуглекислотними – ВВК-2, ВВК-3, ВВК-5; порошковими – ПВ-2, ПВ-100; повітряно-пінними – ВПП-100.

Для тушіння пожежі на початковій стадії використовуються вогнегасники, зокрема вуглекислотні, які відзначаються високою ефективністю при захисті електрообладнання. У корпусі будівлі розміщені протипожежні крани з рукавами, пінні вогнегасники, запаси піску та щити з пожежним інвентарем. Навколо відділення з продуктами установлено пожежний водопровід. Кількість вогнегасників приймається з розрахунку 1 вогнегасник на 100 м² площі та встановлюється на стінах на зручній висоті.

Для швидкої евакуації людей у випадку пожежі передбачені запасні двері та виходи.

Максимальну секундну витрату води на гасіння пожеж визначають за формулою:

$$Q_{\text{пож}} = q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}, \text{ л/с}, \quad (10.1)$$

$$Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} = 35 \cdot 2 + 10 = 80 \text{ л/с}, \quad (10.2)$$

$$Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}} = 25 \cdot 2 + 10 = 60 \text{ л/с}, \quad (10.3)$$

де $q_{\text{пож}}$ - розрахункова витрата води на пожежогасіння 1 зовнішньої пожежі, л/с;

$q'_{\text{пож}}$ - розрахункова витрата води на внутрішнє пожежогасіння, л/с;

n – кількість пожеж.

Виходячи з розрахункової тривалості пожежі, повну витрату води на гасіння пожежі можна визначити за формулою

$$Q'_{\text{пож}} = 10,8(q_{\text{пож}} \cdot 2 + q'_{\text{пож}}), \text{ м}^3 \quad (10.4)$$

$$Q'^{\text{НП}}_{\text{пож}} = 10,8(35 \cdot 2 + 10) = 864 \text{ м}^3 \quad (10.5)$$

$$Q'^{\text{ПП}}_{\text{пож}} = 10,8(25 \cdot 2 + 10) = 648 \text{ м}^3 \quad (10.6)$$

Повна витрата води на гасіння пожежі за 3 год.:

$$Q_{\text{пож}} = Q^{\text{НП}}_{\text{пож}} + 0,5Q^{\text{ПП}}_{\text{пож}} = 864 + 0,5 \cdot 648 = 1188 \text{ м}^3 \quad (10.7)$$

Витрата води на пожежогасіння за 1 год.:

$$Q^{\text{год}}_{\text{пож}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3} = \frac{1188}{3} = 396 \text{ м}^3/\text{год} \quad (10.8)$$

Мінімальна витрата води на підприємстві, в разі виникнення однієї пожежі від 10 до 100 л/с.

В продуктовому відділені з метою протипожежної безпеки передбачена аварійна система вентиляції.

Пропозиції по покращенню умов праці

Для попередження захворювань і травм потрібно:

- Забезпечити працівників якісними ЗІЗ, такими як респіратори, захисні окуляри, рукавички та спеціальний одяг.
- Встановити регулярні перерви для працівників, щоб запобігти перенапруженню та втомі.
- Проводити регулярні медичні огляди працівників для раннього виявлення професійних захворювань.
- Запровадити систему збору скарг і пропозицій від працівників щодо покращення умов праці та безпеки.

ВИСНОВКИ

У роботі здійснено модернізацію рідинно-струменевого сульфідатора для барометричної води А2-ПСК-3. Модернізація полягає у заміні ежекційного апарату.

Запропонований рідинно-газовий ежектор складається з приймальної камери, до якої з одного торця під'єднано робоче сопло та патрубки подачі газу, а до протилежного – камеру змішування у вигляді циліндричної труби. У приймальній камері розміщено конічну насадку, яка розширюється в бік камери змішування на кут $3...8^\circ$ менший за кут факела розпилення рідини з робочого сопла ежектора. На торці конічної насадки встановлено конфузور, а в самій насадці виконано отвори та встановлено направляючі обичайки, що формують дефлектор забору газової фази. Конічний насадок з отворами підвищує коефіцієнт ежекції завдяки зменшенню гідравлічних втрат на вході в камеру змішування. Камера змішування була подовжена на 1600 мм у порівнянні з камерою змішування ежекційного пристрою типового сульфідатора, що забезпечує краще змішування і більш повне використання сірчистого газу.

Пілотні дослідження даної конструкції підтвердили, що коефіцієнт ежекції збільшився на 15...55% у порівнянні з ежектором класичної конструкції (з циліндричними приймальною та камерою змішування).

При проведенні даної модернізації можна досягти наступних позитивних результатів:

- збільшення коефіцієнту використання сірчистого газу;
- підвищити якість сульфитації барометричної води;
- зменшення витрати сірки на процес обробки.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва Висновки	200289.KP.08.000 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

На цю конструкцію ежектора подана заявка на корисну модель та винахід. Пріоритет по винаходу – а2024300 від 01.05.2024. Пріоритет по корисній моделі – u2024301 від 01.05.2024.

За темою ежекційних апаратів написано 10 наукових робіт, з них 1 у профільний журнал, 9 інших – у збірники студентських робіт; подано 2 патенти. Перелік робіт наведено на ст. 88.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів : Підручник / ред. А. І. Українець. Київ : НУХТ, 2003. 572 с.;
2. Рвачов В. В. Технологічне обладнання харчових виробництв / ред. В. В. Рвачов. Одеса : АстроПринт, 2001. 320 с.
3. Богомолів О. В., Гурський П. В., Богомолів В. П. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств : Посібник. Харків : Еспада, 2005. 432 с.
4. Цукрова промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2018. 92 с.
5. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / П.С. Берник, З.А. Стоцько, І.П. Паламарчук та ін. ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів : Львів. політехніка, 2004. 336 с.
6. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : навч. посібник / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов, А.І. Українець та ін.; Вінниця, НУХТ: Нова книга, 2004. 288 с.
7. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. Київ: Видавництво «Сталь», 2017. 456 с.
8. Ю.Г. Сухенко, Ю.І. Бойко «Технологічні основи машинобудування» Київ, НУХТ 2009;
9. Штангеев, Кобер, Белостоцкий, Штангеева, Лагода, «Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства» ч.2, «Цукор України», Київ 2004;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Тимченко І.В.	Назва, додаткова назва	200289.KP.08.000 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.	Список використаної літератури	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

10. Технологічне обладнання харчових виробництв: метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спец. «Обладнання переробних і харчових виробництв») ден. та заоч. форм навч. /В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька. Київ: НУХТ, 2010. 28 с
11. Бойко Ю.І., Литвиненко О.А. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. Київ: НУХТ, 2018. 285 с.
12. Пушанко, М.М. Центрифугування цукрових утфелів. Теорія і практика: монографія. / М.М. Пушанко, В.А. Лагода, Н.М. Пушанко, А.Ю. Гуменюк. Київ.: Вища освіта, 2010. 439с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			200289.KP.08.001 ЗБ	Збірне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	200289.KP.08.001.01	Опора	4	
		2	200289.KP.08.001.02	Днище	1	
		3	200289.KP.08.001.03	Перегородка	1	
		4	200289.KP.08.001.04	Кран	1	
		5	200289.KP.08.001.05	Зливний трубопровід	1	
		6	200289.KP.08.001.06	Трубопровід датчика	1	
		7	200289.KP.08.001.07	Відцентрова форсунка	1	
		8	200289.KP.08.001.08	Патрубок підведення газу	2	
		9	200289.KP.08.001.09	Приймальна камера	1	
		10	200289.KP.08.001.10	Конічний насадок	1	
		11	200289.KP.08.001.11	Камера змішування	1	
		12	200289.KP.08.001.12	Фланець	1	
		13	200289.KP.08.001.13	Циліндр	1	
		14	200289.KP.08.001.14	Сепаратор	1	
		15	200289.KP.08.001.15	Чавунний корпус	1	
		16	200289.KP.08.001.16	Люк	1	
		17	200289.KP.08.001.17	Спускний патрубок	1	
		18	200289.KP.08.001.18	Корпус	1	
		19	200289.KP.08.001.19	Патрубок підведення води	1	
Відповідальна організація НУХТ		Технічне узгодження Пономаренко В.В.		Розробник документа Тимченко І.В.		Документ затверджено Якимчук М.В.
						Масштаб 1:1
Власник документа НУХТ			Вид документа Специфікація		Статус документа	
			Назва, додаткова назва Сульфідатор рідинно-струменевий А2-ПСК-З		200289.KP.08.001 СП	
					Інд. змін.	Дата видання
					Мова UA	Аркуш 1/2

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			200289.KP.08.002 ЗБ	Модернізований вузол		
				<u>Деталі</u>		
		1	200289.KP.08.002.01	Шток	1	
		2	200289.KP.08.002.02	Форсунка	1	
		3	200289.KP.08.002.03	Патрубок підводу газу	2	
		4	200289.KP.08.002.04	Приймальна камера	1	
		5	200289.KP.08.002.05	Конічний насадок	1	
		6	200289.KP.08.002.06	Камера змішування	1	
		7	200289.KP.08.002.07	Патрубок підводу води	1	
		8	200289.KP.08.002.08	Торцевий фланець	1	
		9	200289.KP.08.002.09	Фланець	3	
		10	200289.KP.08.002.10	Дефлектор	4	
		11	200289.KP.08.002.11	Отвір	40	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		12	200289.KP.08.002.12	Болт М10х60 ДСТУ 4014:2022	24	
		13	200289.KP.08.002.13	Шайба 10L ДСТУ 22355:2008	24	
		14	200289.KP.08.002.14	Гайка М10-6H ДСТУ 4032:2022	24	
Відповідальна організація НУХТ			Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Розробник документа Тимченко І.В.	Документ затверджено Якимчук М.В.	Масштаб 1:1
Власник документа НУХТ			Вид документа Специфікація		Статус документа	
			Назва, додаткова назва Модернізований вузол		200289.KP.08.002 СП	
					Інд. змін.	Дата видання
					Мова UA	Аркуш 1/1

[illegible]

CFD-моделювання ежектора

Для підтвердження заявлених властивостей ежектора було проведено його гідрогазодинамічне моделювання.

3-D модель була створена у програмному середовищі Autodesk Inventor. Модель була експортована в розширенні .step і імпортована у програмне забезпечення Ansys 2020 R2, де і проводилось моделювання.

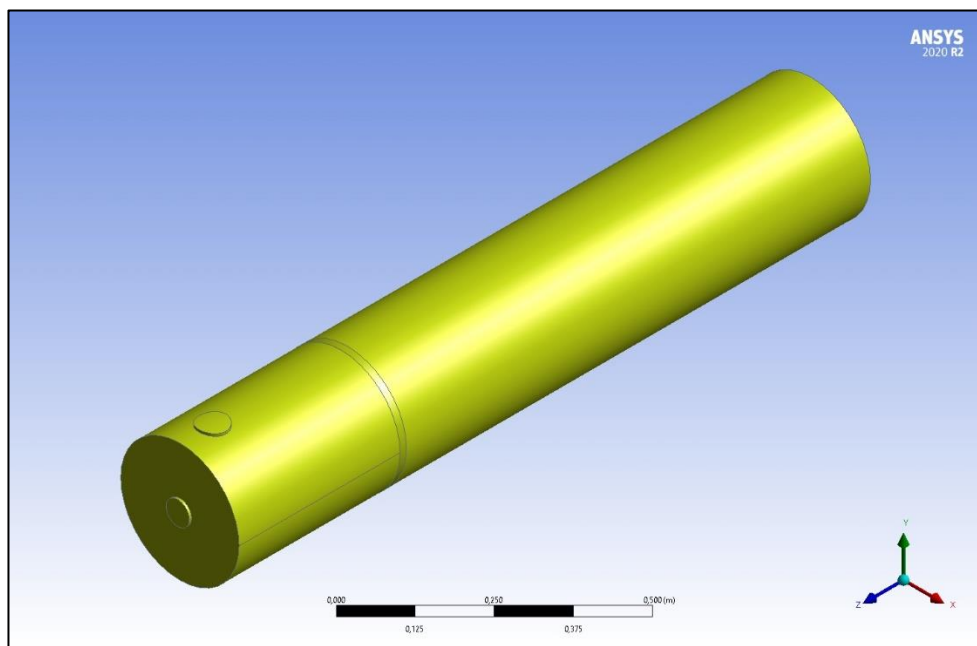


Рис 1. 3-D модель, що досліджувалась

Наступним кроком була створена сітка. Налаштування проводилось вручну.
Параметри генерації:

- Середній розмір комірок – 0.1 м.
- Максимальний розмір комірок – 0.2 м.
- Кількість комірок – 1172206
- Кількість вузлів – 213861

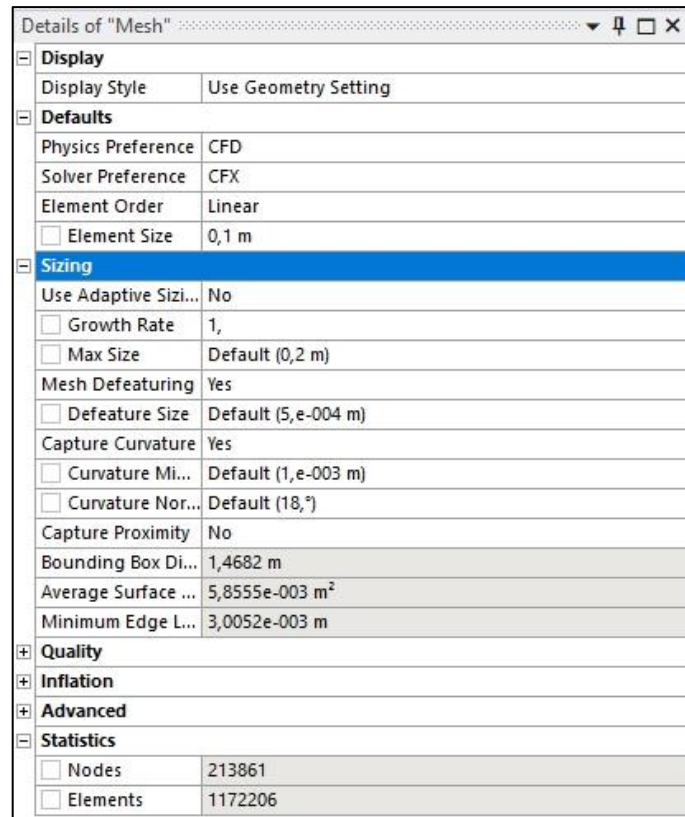


Рис. 2 Налаштування сітки

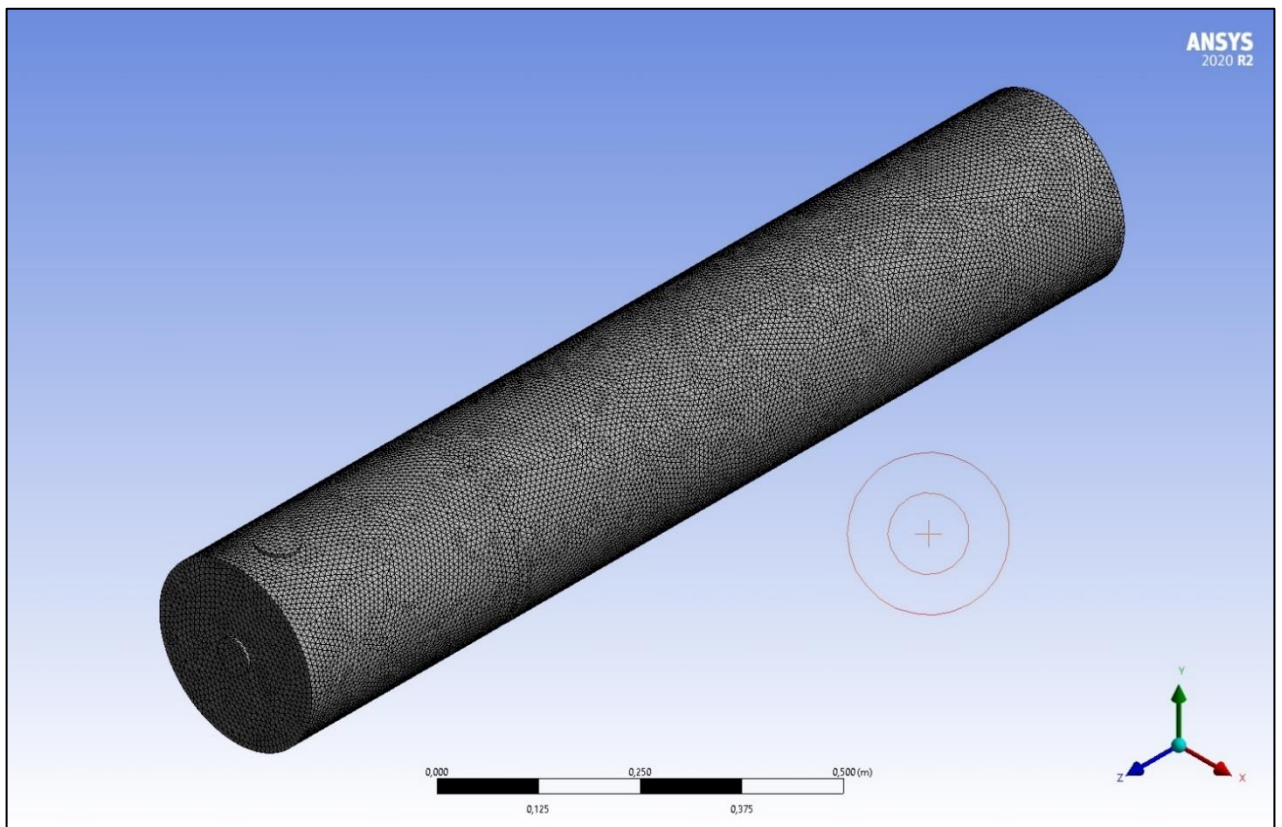


Рис. 3 Загальний вигляд сітки

Після створення сітки, були задані граничні умови.

Граничні умови:

- Швидкість руху активного потоку (води) на вході – 36.1 м/с.
- Швидкість руху пасивного потоку (повітря) на вході – 0 м/с.
- Тиск суміші на виході – 0 Па, що відповідає умові витікання суміші без надлишкового тиску.

Фізичні характеристики води та повітря відповідали характеристикам за нормальних умов ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $\rho_{\text{води}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{\text{повітря}} = 1.226 \text{ кг/м}^3$).

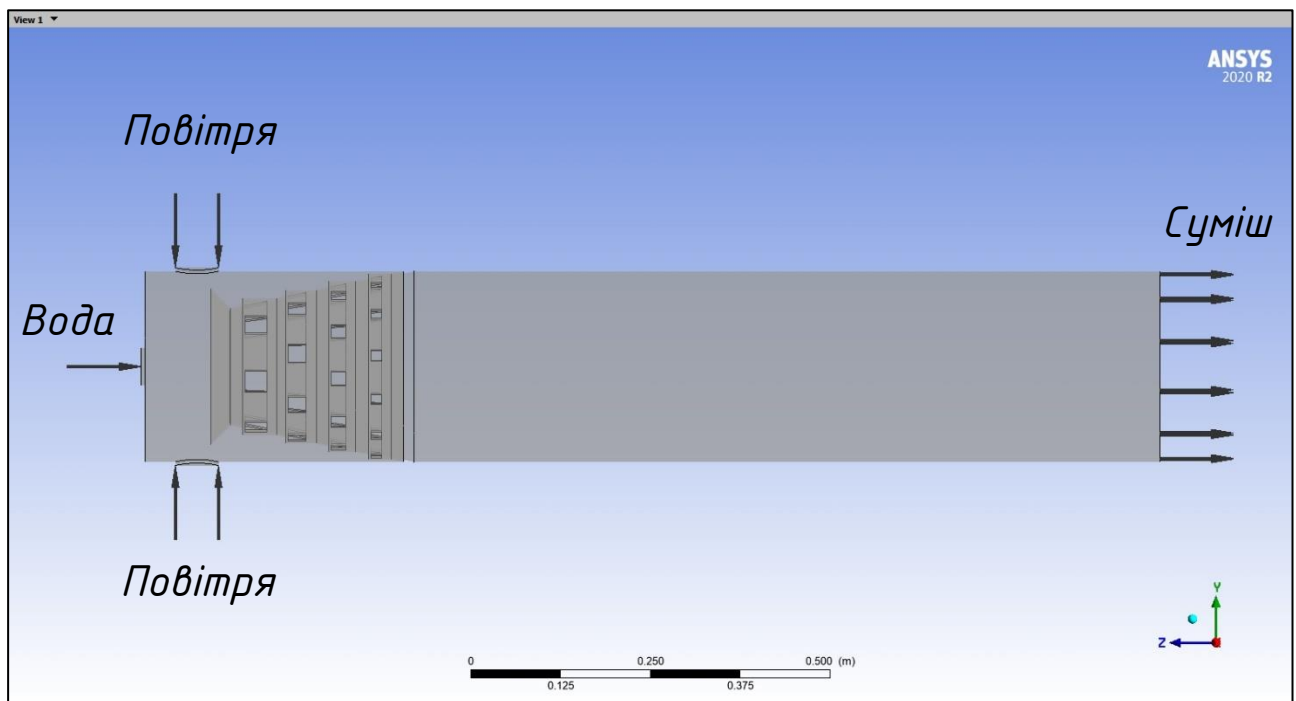


Рис. 4 Розташування граничних умов

Після задання всіх умов, було проведене моделювання. У налаштуваннях параметрів моделювання був обраний режим «Подвійної точності» (англ. Double precision), що є необхідною умовою при симуляції двофазного середовища.

Отриманий результат моделювання наведено на рисунку 5.

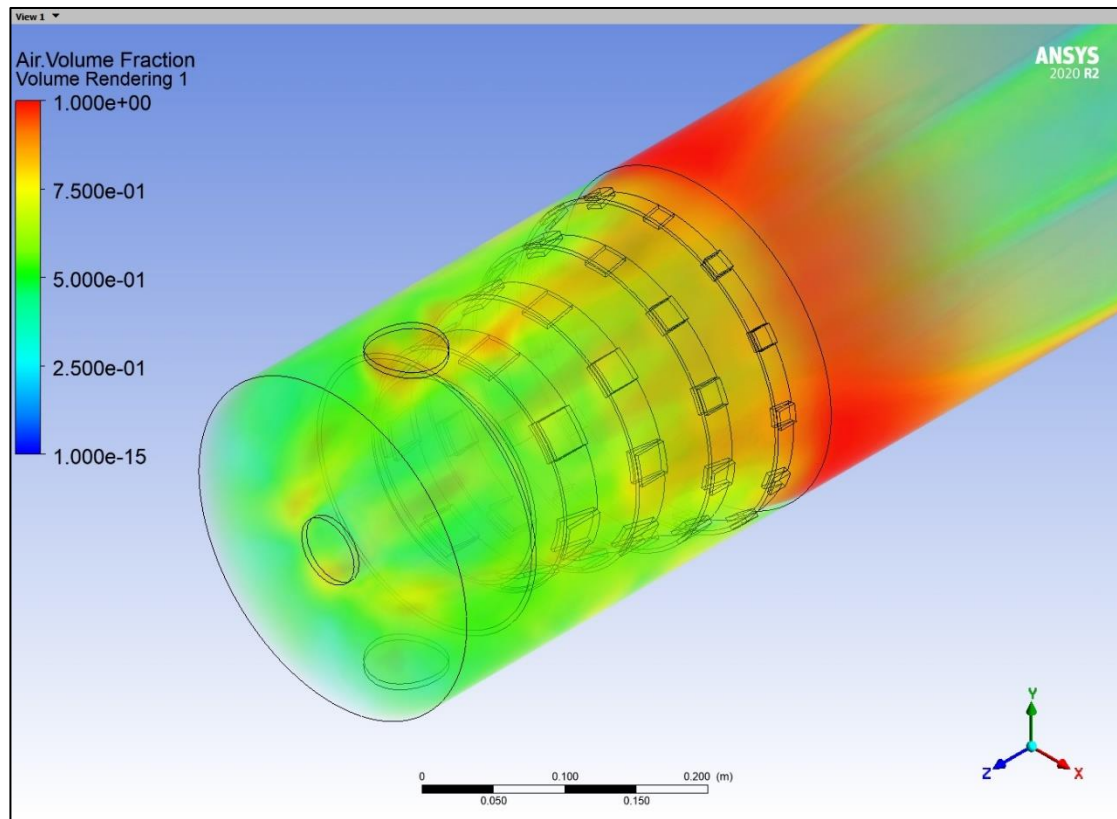


Рис.5 Аксонометрія результатів моделювання

Легенда: синім відмічені області, де концентрація повітря становить 0%, червоним – де концентрація повітря становить 100%.

Як можна побачити, в місцях розташування отворів помітне підвищення концентрації повітря, що свідчить про наявність розрідження біля перфорації. Це розрідження і є причиною забору газової фази через отвори.

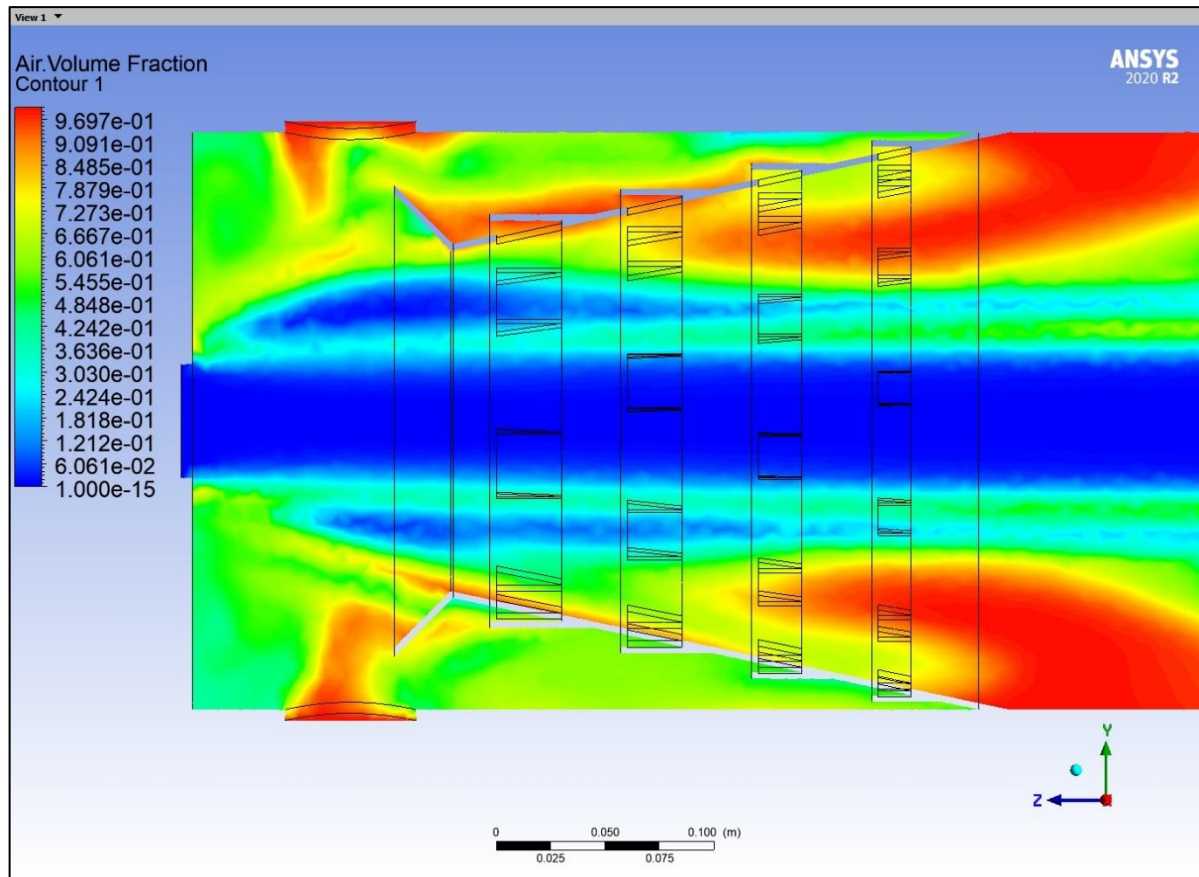


Рис. 2. Бічний вид

На виді збоку чітко помітна тенденція забору повітря через отвори, причому по мірі віддалення від конфузора сила всмоктування газу збільшується – на це вказують червоні «хмари» біля насадка. Дефлектори, в свою чергу, слугують у якості напрямних для потоку пасивного середовища.

ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ РОБІТ

№	Назва роботи	Де опубліковано	Автори
1	Оптимізація конструкції вузлів підведення рідини в скруббер Вентурі на основі CFD досліджень	Буде опубліковано в наукових працях НУХТ 3 номер	В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька, Р.Л. Якобчук, А.М. Слюсенко, С.Ю. Лементар, Я.С. Хитрий, І.В. Тимченко
2	Determination of the ejection coefficient of a jet apparatus with a conical-cylindrical mixing chamber	The 3rd International scientific and practical conference "Global science: prospects and innovations" (November 2-4, 2023) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2023. (p. 235-242)	Tymchenko I.V., Ponomarenko V. V., Lementar S.Y., Yakobchuk R. L., Liulka D. M.
3	Modernization of sugar juice carbonizers with the development and mathematical modeling of the ejection apparatus	International Competition of Student Scientific Works "Black Sea Science 2023"	Ivan Tymchenko, Vitalii Ponomarenko, Andrii Sliusenko
4	Розрахунок робочих характеристик ежектора з конічно-циліндричною камерою змішування	Технологія-2023: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 26 травня. 2023 р., м. Київ. / укладач Є. І. Зубцов – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2023. (ст. 176-178)	Тимченко І. В., Слюсенко А. М., Пономаренко В. В.
5	Трьохступеневий карбонізатор цукрового соку	Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3-7 квітня 2023 р. – К.: НУХТ, 2023 р. – Ч.2. (ст. 94).	Іван Тимченко, Віталій Пономаренко, Андрій Слюсенко

6	Водо-газовий ежектор з удосконаленою приймальною камерою	Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 11–12 квітня 2024 р. – Київ: НУХТ, – Ч.2. (ст. 112)	Іван Тимченко, Віталій Пономаренко
7	Форсунки для розпилення неочищених рідин. Частина 1. Конструкція	Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 11–12 квітня 2024 р. – Київ: НУХТ, – Ч.2. (ст. 113)	Іван Тимченко, Віталій Пономаренко
8	Форсунки для розпилення неочищених рідин. Частина 2. Витратні характеристики форсунки	Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 11–12 квітня 2024 р. – Київ: НУХТ, – Ч.2. (ст. 114)	Іван Тимченко, Віталій Пономаренко
9	Дослідження рідинно-газового ежектора з відцентрово-струминною форсункою з нахиленими каналами	Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді –	Іван Тимченко, Віталій Пономаренко

		вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 11–12 квітня 2024 р. – Київ: НУХТ, – Ч.2. (ст. 115)	
10	Вплив температури активного потоку на коефіцієнт ежекції	Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 11–12 квітня 2024 р. – Київ: НУХТ, – Ч.2. (ст. 116)	Іван Тимченко, Віталій Пономаренко