

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Микола ЯКИМЧУК

« ____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА Ремінця Ігоря Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) CFD дослідження ежектора з комбінованою камерою змішування з метою удосконалення сульфитатора типу ПСК_____

керівник проекту (роботи) Пономаренко Віталій Васильович, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 08.11 2023 р. № 918-кс

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 04.02.2024р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1.Технічний паспорт обладнання. 2.Альбом галузевого обладнання. 3.Навчальна та спеціальна література. 4.Практичні дослідження на експериментальній установці.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Анотація; Зміст; Вступ; Аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання; Методика проведення досліджень; Сутність та обґрунтування модернізації (інтенсифікації); Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Технологія машинобудування; Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання; Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування; Заходи по охороні праці; Маркетингове обґрунтування; Висновки; Список використаних джерел; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Модернізований пристрій – 2 аркуші; Технологічна схема – 1 аркуш; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 4 аркуші.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

--	--	--	--

7. Дата видачі завдання: 21.11. 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	23.11.2023	
2	<i>Аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання</i>	28.11.2023	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	05.12.2023	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	20.12.2023	
5	<i>Сутність та обґрунтування удосконалення станції сульфатації барометричної води</i>	25.12.2023	
6	<i>Устрій та принцип роботи станції сульфатації</i>	28.12.2023	
7	<i>Розрахункова частина</i>	05.01.2024	
8	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	8.01.2024	
9	<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	10.01.2024	
10	<i>Технологія складання ежекційного апарата</i>	15.01.2024	
11	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	20.01.2024	
12	<i>Заходи по охороні праці</i>	25.01.2024	
13	<i>Цивільний захист</i>	30.01.2024	
14	<i>Охорона довкілля</i>	2.02.2024	
15	<i>Маркетингове обґрунтування</i>	3.02.2024	
16	ВИСНОВОК	3.02.2024	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 штук</i>	04.02.2024	
	<i>Подача ДП на кафедру</i>	04.02.2024	

Студент _____

(підпис)

Ігор РЕМІНЕЦЬ

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____

Віталій ПОНОМАРЕНКО

АНОТАЦІЯ

Тема представленої магістерської роботи “ CFD дослідження ежектора з комбінованою камерою змішування з метою удосконалення сульфітатора типу ПСК ”.

Мета роботи. Провести моделювання форсунок та ежекційних процесів, як основи для модернізації сульфітаторів струминного типу.

Об’єкт досліджень. Ежекційні процеси в комбінованій камері змішування та їх взаємозв’язок з конструктивними параметрами.

Предмет досліджень. Форсунки з нахиленими підвідними каналами та ежектори з комбінованою камерою змішування.

В даному проєкті було проведено дослідження інноваційного ежектора з комбінованою камерою змішування (початкова конічна частина та наступна циліндрична). Даний ежектор має на 10...20 % більший коефіцієнт ежекції в порівнянні з ежектором класичної конструкції з циліндричною камерою змішування. Проведено CFD-дослідження ежектора даної конструкції та встановлено всі характеристики водо-газового потоку по довжині та поперечному перерізі камери змішування. Дані налаштування розрахунку дозволяють знайти всі необхідні параметри потоку або змінити їх в бажаному напрямі вже на стадії проектування.

Оскільки ежектор є основним елементом сульфітаційної установки, то це дає можливість провести її модернізацію для досягнення поставленої мети: покращити якість обробки розчину, зменшити забруднення атмосфери агресивними викидами.

Ключові слова: форсунка, ежектор, комбінована камера змішування, сульфітатор, цукрова промисловість.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	2214.3.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

ABSTRACT

The topic of the presented master's thesis is "CFD study of an ejector with a combined mixing chamber for the purpose of improving the sulfitator of the PSK type."

The goal of the work. To carry out modeling of nozzles and ejection processes, as a basis for the modernization of jet-type sulfitators.

Object of research. Ejection processes in a combined mixing chamber and their relationship with design parameters.

Subject of research. Injectors with inclined underflow channels and ejectors with a combined mixing chamber.

In this project, research was carried out on an innovative ejector with a combined mixing chamber (the initial conical part and the subsequent cylindrical part). This ejector has a 10-20% higher ejection ratio compared to the classic ejector with a cylindrical mixing chamber. A CFD study of the ejector of this design was carried out and all the characteristics of the water-gas flow along the length and cross-section of the mixing chamber were established. These calculation settings allow you to find all the necessary flow parameters or change them in the desired direction already at the design stage.

Since the ejector is the main element of the sulphitation unit, it makes it possible to modernize it to achieve the set goal: to improve the quality of solution processing, to reduce atmospheric pollution by aggressive emissions.

Key words: nozzle, ejector, combined mixing chamber, sulfitator, sugar industry.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Вступ</i>	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

ЗМІСТ

Ст.

ВСТУП.....	
1. Аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання.....	
2. Методика проведення досліджень.....	
2.1. Мета та задачі наукових досліджень.....	
2.2. Об'єкт дослідження.....	
2.3. Характеристика ежектора як об'єкту дослідження.....	
3. Сутність та обґрунтування модернізації (інтенсифікації) станції сульфатації барометричної води.....	
4. Устрій та принцип роботи станції сульфатації.....	
5. Розрахункова частина.....	
5.1. Визначення витрати продукту	
5.2. Гідравлічний розрахунок технологічних трубопроводів і вибір насосу.....	
5.3. Конструктивні розрахунки.....	
6. Підбір конструкційних матеріалів.....	
7. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту.....	
7.1. Монтаж.....	
7.2. Експлуатація.....	
7.3. Ремонт.....	
8. Технологія складання ежекційного апарата.....	
8.1. Загальна інформація	
8.2. Розроблення схеми складання та технологічного маршруту складання виробу.....	
8.3. Розрахунок надійності штоку при експлуатації.....	

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець І	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	22214.3.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

9.	Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування.....
10.	Заходи по охороні праці.....
11.	Охорона довкілля.....
12.	Маркетингове обґрунтування.....
	ВИСНОВОК.....
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....
	ДОДАТКИ.....

ВСТУП

Сульфітація – це обробка цукрових розчинів діоксидом сірки з метою зниження їх кольоровості і лужності.

В цукровій промисловості по технологічній схемі сульфітації підлягають фільтрований сік II сатурації, суміші сиропу та клеровки, а також вода, що подається на дифузію. При проведенні процесу сульфітації лужність соку (сиропу) знижується до 0,005% СаО (рН 7,5-8).

Сульфітація проводиться в апаратах, що носять назву — сульфітатори. В даний час застосовуються сульфітатори безперервної дії.

Сульфітатори можуть бути зрошувальними (система «сік в газі»), барботерними (система «газ в сокові») і ежекційними (рідинно-струминними). Опір проходженню газу через зрошувальний сульфітатор менший, ніж через шаровий, тому подача газу в сульфітатор першого типу може здійснюватися за допомогою вентиляторів замість компресора, що подає газ в шаровий сульфітатор. Шарові сульфітатори вітчизняною промисловістю не випускаються. Подача газу в рідинно-струминних сульфітаторах проводиться за рахунок ежекції струменю рідини, що витікає. На багатьох вітчизняних підприємствах цукрової промисловості широкого розповсюдження отримали саме рідинно-струминні сульфітатори.

На цукрових заводах США сульфітують сік II сатурації, сироп з клеровкою та перший відтік утфелю I кристалізації. На західноєвропейських заводах поглиблену сульфітацію проводять рідко по причині високого вмісту SO₂ в цукрі-піску або взагалі не застосовують, обмежуючись суворим дотриманням технологічного регламенту.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Вступ</i>	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

1. Аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання.

Сульфітації займає важливе місце в забезпеченні стабільної роботи цукрового заводу. Так без стабільного забезпечення рН сульфітованої води, стабільності його потоку неможлива нормальна робота дифузійної установки, нормативні втрати цукру в жомі. Станція сульфітації соку та сиропу теж має немаловажне значення з точки зору підвищення якості цукрових розчинів. Незадовільна робота апаратів сульфітації на будь-якому з цих процесів знижує ефективність роботи всього цукрового заводу.

Великий прорив в процесі сульфітації пройшов в семидесятих роках минулого століття з переходом від апаратів зрошуючого типу на ежекційні. Переваги даного типу апаратів над апаратами зрошуючого типу є наступні:

- Значна інтенсифікація масообмінних процесів;
- В десятки разів зниження металоємкості апаратів;
- Значне зниження викидів сірчистого газу в атмосферу;
- Економія сірки на здійснення процесу сульфітації.

Однак за роки експлуатації ежекційних апаратів виявилось ряд недоліків їх роботи.

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

Зрошувальні сульфітатори призначені для сульфітації соку, сиропу і барометричної води, що надходить до дифузійних установок.

В якості сульфітуючого агента в сульфітаторі цього типу використовується сірчистий газ, що отримується з сіркоспалювальної печі. Чавунний циліндричний корпус 8 сульфітаторі типу СО-1,8 (Рис. 1.1.) складається з п'яти вертикальних царг, встановлених одна на іншу. Верхні кінці нижче лежачих царг розширені, що забезпечує невеликий кільцевий зазор, що заливається розплавленою сіркою. До верхньої та нижньої царги за

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Аналітичний огляд</i>	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12

допомогою фланцевих з'єднань II, що кріпляться нижче 1та верхнього 12 днища з отворами 20 і 13 відповідно для виходу рідини і видалення від працюваного газу.

В середині корпусу на кронштейнах 5 розташовані чавунні розподільні решітки 6, що складаються з окремих секцій. Решітки мають щілиноподібні отвори трапецеїдального перерізу і встановлені таким чином, що щілиноподібні отвори сусідніх решіток повернені один відносно одного на 90 ° з метою кращого дроблення рідини.

У верхній частині корпусу встановлена розподільна сітчаста тарілка 9, на яку через патрубок надходить рідина, що підлягає сульфитації.

У нижній частині корпусу розташований пристрій для подачі газу, що має вигляд кільцевого коритоподібного барботеру 2 (відкритий знизу) з зазубреними краями в нижній частині стінок. Газ подається в барботер через патрубки 3 і 16.

Для огляду та очищення сульфітатора, а також заміни решіток служать люки 7. Сульфітатор забезпечений пробним краником 18, оглядовим склом 4,

Переливним коліном 19 у контрольний ящик 17, 14 вловлювачем і вихідним патрубком 15.

Рідина, що підлягає сульфитації надходить по патрубку 10 на конічну тарілку 9 і, стікаючи по ній, витікає через отвори, рівномірно розподіляючись по всьому перетину апарату у вигляді струменів. Потрапляючи на нижні решітки, струмені розприскуються і через отвори решітки знову витікають у вигляді струменів і т. д. Під час такого руху струмені рідини контактують з сірчистим газом, що рухається знизу вгору. Газ подається в сульфітатор через патрубки 3 і 16, надходить в кільцевий барботер 2 і розподіляється по перетину апарату. 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 надходить на подальшу технологічну операцію.

Таблиця 1.1. Технічна характеристика зрошувальних сульфідаторів

Сульфідатор типу СО-1,5 відрізняється від сульфідатора СО-1,8 тим, що патрубок підведення рідини у нього виконаний співвісно корпусу, а отвір для виходу відпрацьованого газу зміщений до периферії. Крім того, його корпус складається з чотирьох чавунних царг, що з'єднані між собою за допомогою фланцевих з'єднань.	СО-1,5	СО-1,8
Продуктивність, т/год:		
- для соку та води	1500	2500
- для сиропу	3000	5000
Коефіцієнт використання сірчистого ангідриду		
:	0,99	
- для соку та води	0,60	
- для сиропу		
Внутрішній діаметр корпусу, мм	1500	1800
Габаритні розміри, мм		
- довжина;	2080	2600
- ширина;	1770	1950
- висота	3990	6340
Маса без засобів автоматизації, кг	4630	10100

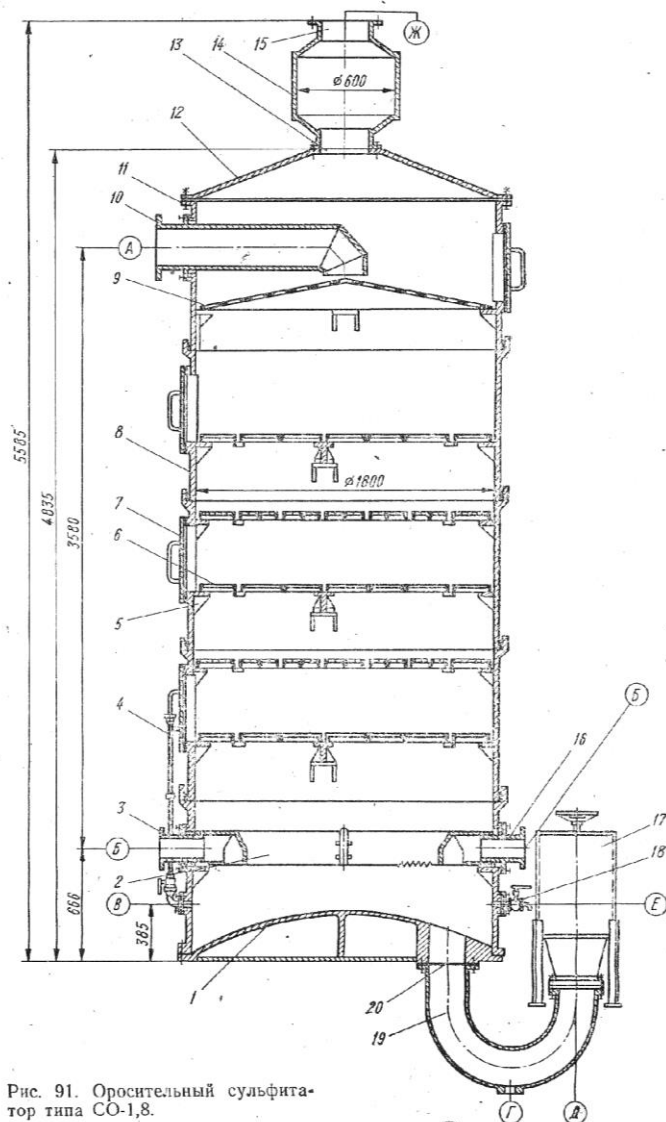


Рис. 91. Оросительный сульфитатор типа СО-1,8.

Рис. 1.1. Зрошувальний сульфитатор 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.) представляє собою вертикальний циліндричний корпус 8 з конічними верхнім 7 і нижнім 13 днищем. Корпус і днище виготовлені з листа вуглецевої сталі, плакованого кислототривкою сталлю. У нижній частині корпусу встановлено барботер 16 з дірчастими трубами 15, що виготовлені з кислототривкої сталі.

Сульфітатор забезпечений переливним ящиком 11 з з'єднувальним трубопроводом 12, патрубками 1, 9 та 14 для підведення і відведення соку тасульфітаційного газу. На трубопроводі для підведення соку передбачений додатковий патрубок для подачі соку за допомогою системи автоматики.

Для спостереження за рівнем соку в апараті передбачені оглядові стікла 4 з пристроєм 3 для їх промивання. Переливний ящик забезпечений телескопічним пристроєм 10, що регулює рівень соку. Сульфітатор встановлений на опорні лапи 2.

Сік (сироп), що підлягає сульфітації надходить в апарат через патрубок 9 і розподіляється по всьому перерізі корпусу за допомогою парасольки 5. Сульфітаційний газ, що надходить в апарат через патрубок 9 і дірчасті труби 15 продувається крізь шар соку. Піднімаючись вгору, бульбашки газу взаємодіють з соком — відбувається процес насичення соку сірчистим газом. Відпрацьований газ через патрубок 6 і витяжну трубу видаляється в атмосферу, а відпрацьований сік виходить з сульфітатора 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

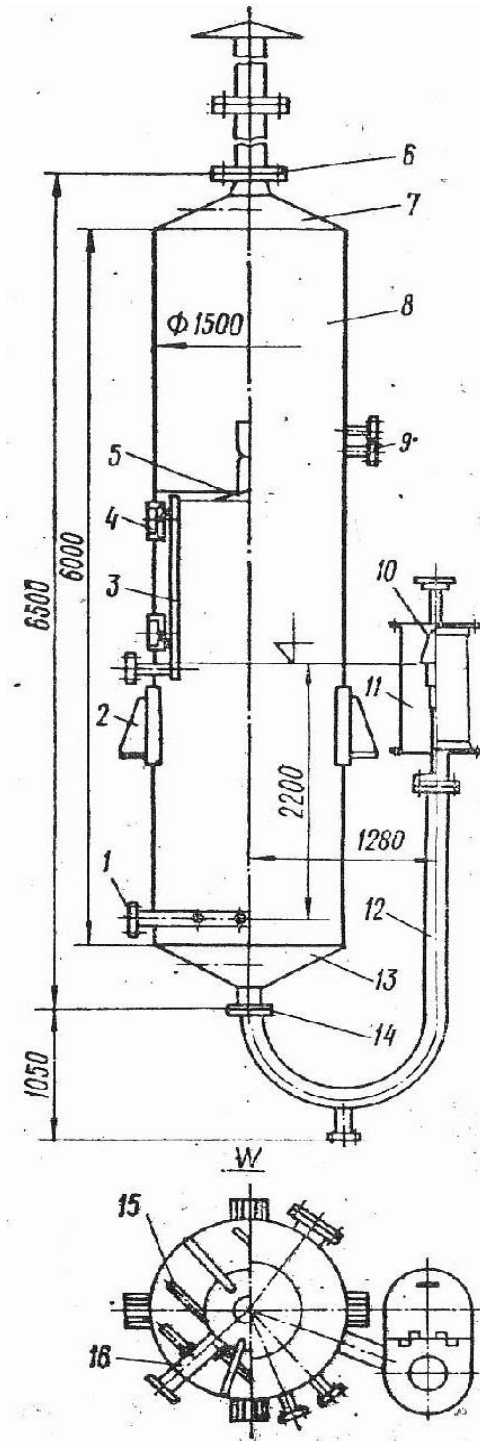


Рис. 1.2. Барботерний сульфитатор

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 сульфідатор для соку РЗ-ПСС-6

Сульфідатор РЗ-ПСС-6 (Рис. 1.3.). Сік після II сатурації надходить спочатку по трубі 5, а потім по розподільній трубі 4 потрапляє на решітки 6.

Сірчистий газ по трубі 7 з кільцевих розподільників рухається протитечійно соку. Грати й кільцеві розподільники сприяють кращому контакту реагуючих фаз. Пристрій решіток і їх кріплення в корпусі апарату показані на перетинах I-I і, II-II.

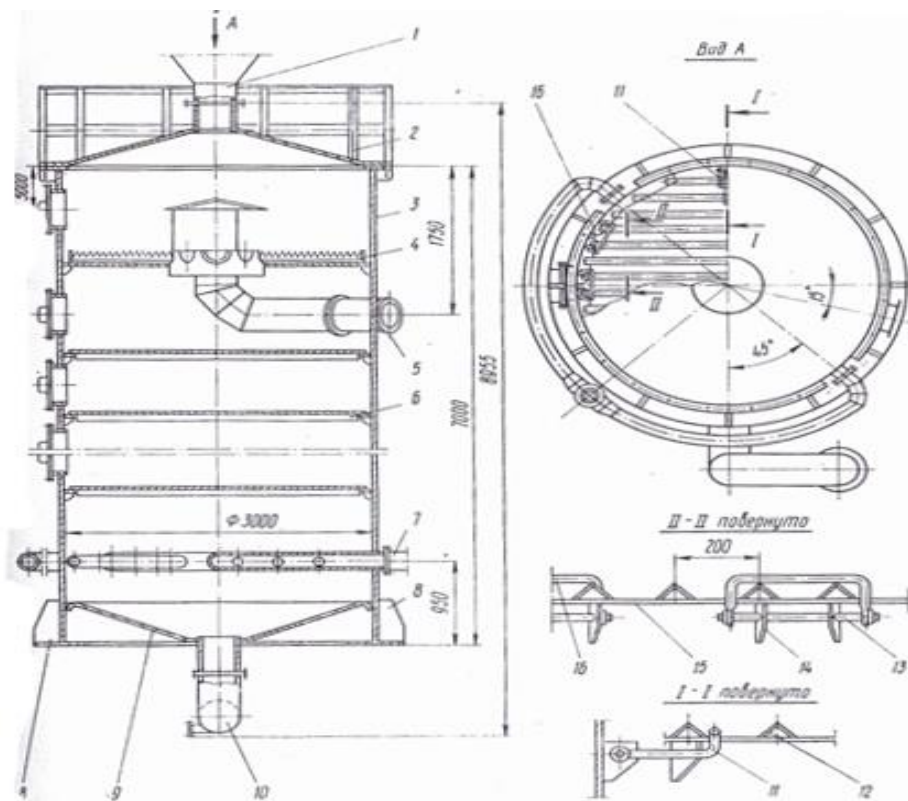


Рис. 1.3. Зрошувальний сульфідатор для соку РЗ-ПСС-6

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.

Сульфітатори типу СО, РЗ-ПСС-6 та зрошувальних з насадкою мають суттєві недоліки: неповне використання (близько 70%) ангідриду сірки із-за недостатнього контакту останнього з рідиною, порівняно великі габарити, значну металоємність, низька можливість створення апарату значної потужності, відсутність

Сульфітатор з вібруючими пластинами.

Сульфітатор (Рис. 1.5.) складається з вертикального циліндричного корпусу 13, всередині якого закріплені вібруючі пластини, що утворюють решітки 6, 7, 8. Пластини виготовлені з різного матеріалу. Вібруючі решітки 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 в якості вібруючих елементів використані фторопластові пластини 19. 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 полегшує їх монтаж в корпусі сульфітатора.

Сульфітатор працює таким чином. Фільтрований сік II сатурації подається по трубі 4 у верхню частину апарата і розпилюється через форсунку 3 назустріч SO₂. Сульфітаційний газ вводиться до сульфітатора через патрубок 11 під тиском і рівномірно розподіляється через променевий барботер 10 по всьому перерізі апарату. Під дією вібрації пластин рідина диспергується і SO₂ та майже повністю абсорбується.

Сульфітатори такого типу показали свою не надійність у процесі роботи під час сезону роботи цукрового заводу.

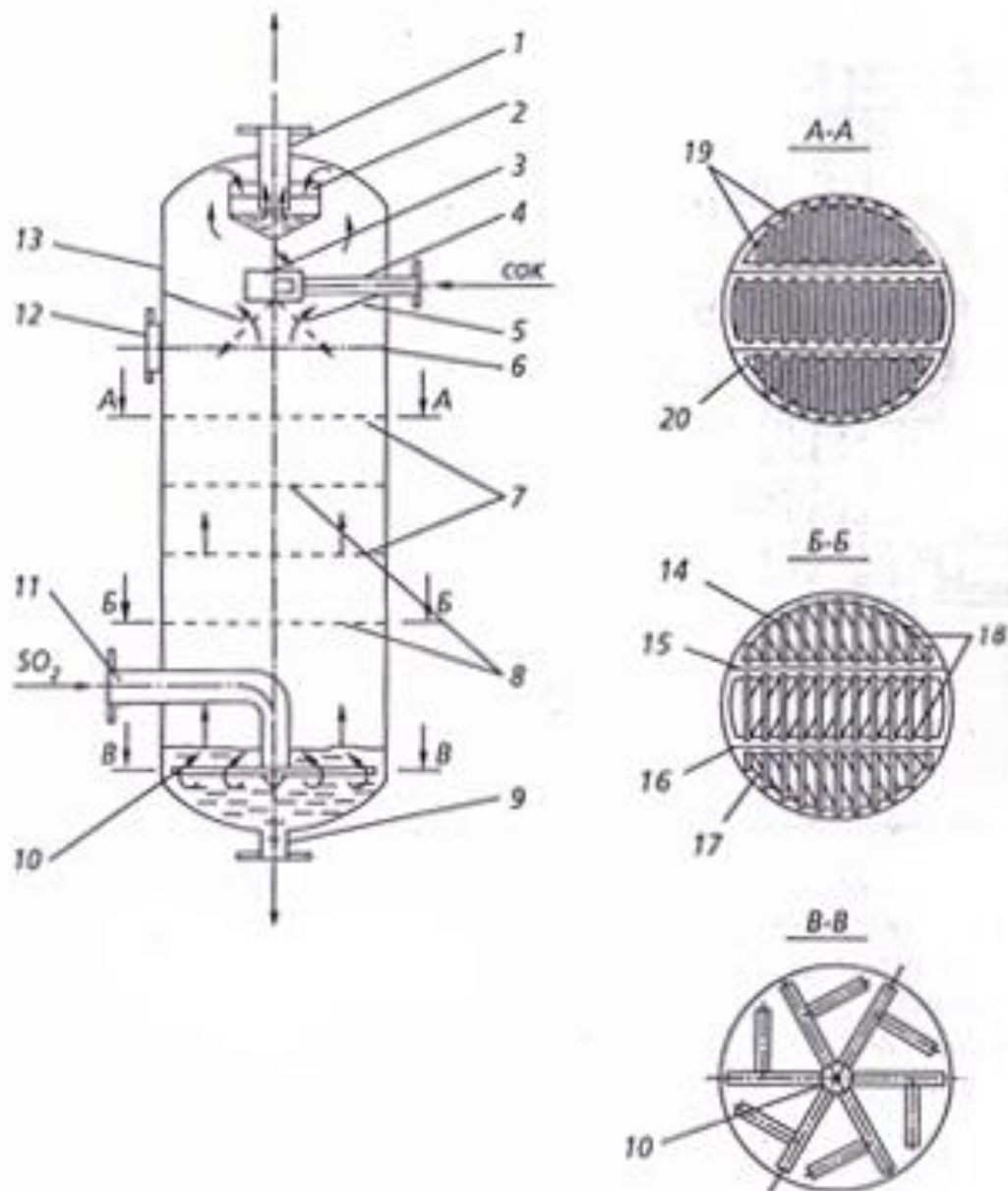


Рис. 1.5. Сульфітатор з вібруючими пластинами

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. Перекладини; 17. Отвори для гумових пластин; 18. Гумові пластини; 19. Фторопластові пластини

Рідинно-струменевий сульфітатор

На більшості цукрових заводів сульфітацію соку та сиропу з клеровкою проводять в рідинно-струменевих сульфітаторах. Такий сульфітатор (Рис. 1.6.) складається з циліндричного корпусу, що виконує роль гідравлічного затвора та перешкоджає потраплянню сульфітаційного газу в зливний трубопровід 8. До корпусу 5 співвісно приєднаний сепаратор 4, у вигляді циклону з внутрішнім циліндром 3, який призначений для відділення крапель рідини від відпрацьованого газу. До корпусу також тангенційно при'єднана камера змішування 2 з патрубком для підведення сульфітаційного газу. До неї через диск з отворами 1 під тиском не менше ніж 0,25 мПа надходить продукт і розпилюється, створюючи при цьому розрідження. Під дією розрідження в камеру змішування втягується сульфітаційний газ, що змішується з продуктом.

	A2-ПСК-3	A2-ПСМ-3	A2-ПСК-6	A2-ПСМ-6
Продуктивність, т/бур. на добу	3000	3000	6000	6000
Внутрішній діаметр корпусу, мм	600	60	900	900
Діаметр камери змішування, мм	200	125	270	150
Тиск стисненого повітря, мПа (кгс/см ²)	0,34—0,78 (3,5—8)	0,34—0,78 (3,5—8)	0,34—0,78 (3,5—8)	0,34— 0,78 (3,5—8)
Витрата стисненого повітря, м ³ /год	3,0	3,0	3,0	3,0
Габаритні розміри, мм: - довжина	1530	1660	2150	2310

- ширина	742	742	1070	1070
- висота	1750	1750	2590	2590
Маса, кг	910	820	2360	2310

Таблиця 1.3. Технічна характеристика рідинно-струменевих сульфідаторів

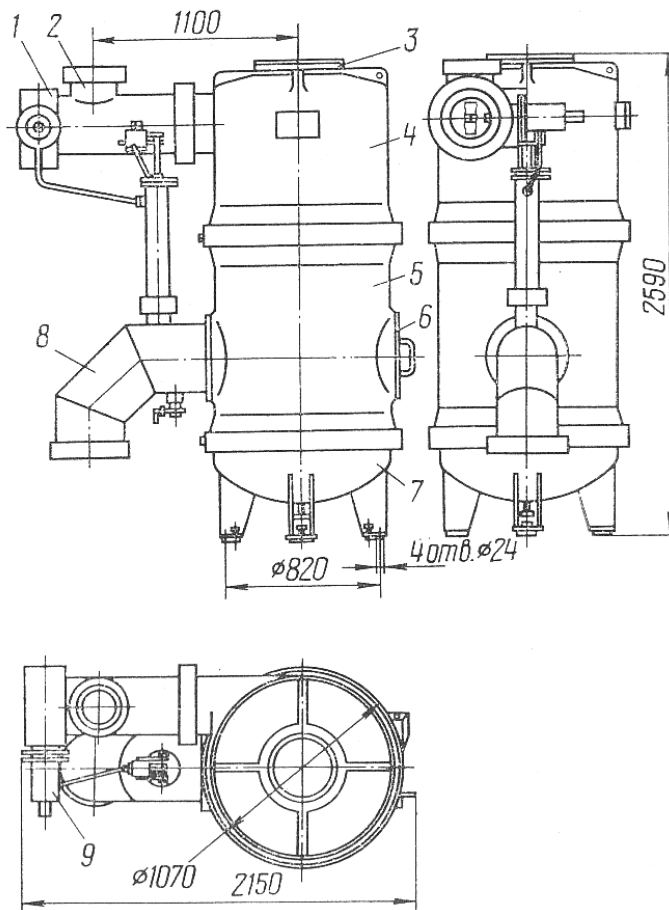


Рис 1.6. Рідинно-струменевий сульфідатор

- 1 — Сопловий пристрій (диск); 2 — Камера змішування; 3 — Циліндр;
 4 — Сепаратор; 5 — Корпус; 6 — Люк; 7 — Днище;
 8 — Патрубок для відведення продукту; 9 — Регулятор тиску

2. Методика проведення дослідження

2.1. Мета та задачі наукових досліджень

Метою даної роботи є розробка високоефективного способу проведення масообмінного процесу сульфатації води на дифузії шляхом внесення змін до конструкції змішувача. Головна ціль даного дослідження є підвищення масопередачі та коефіцієнту ежекції.

Основна задача даного дослідження полягає у встановленні оптимальних конструкційних параметрів ежекційного пристрою. З цією метою було заплановано проведення досліджень процесу ежекції у процесі сульфатації.

2.2. Об'єкт дослідження

В даній роботі було проведено дослідження гідродинаміки та ежекційних процесів в ежекційному апараті сульфатора.

Об'єкт дослідження (Рис. 2.1.) працює таким чином: рідина, що підлягає обробці в апараті подається в відцентрово-струминну форсунку 2, через сопло якої розпилюється в камері змішування 4. Утворені краплі внаслідок тертя захоплюють молекули газу і рухаються з ними далі в камеру змішування 4, утворюючи при цьому рідинно-газову емульсію з інтенсивним протіканням масообмінного процесу між SO_2 та рідиною. Так як кожна краплина розпиленої рідини контактує з газом та виносить з собою деяку його кількість, то загальний об'єм перенесеного газу набагато більший, ніж у випадку, коли з газом

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Аналітичний глян</i>	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркул</i> 1/16

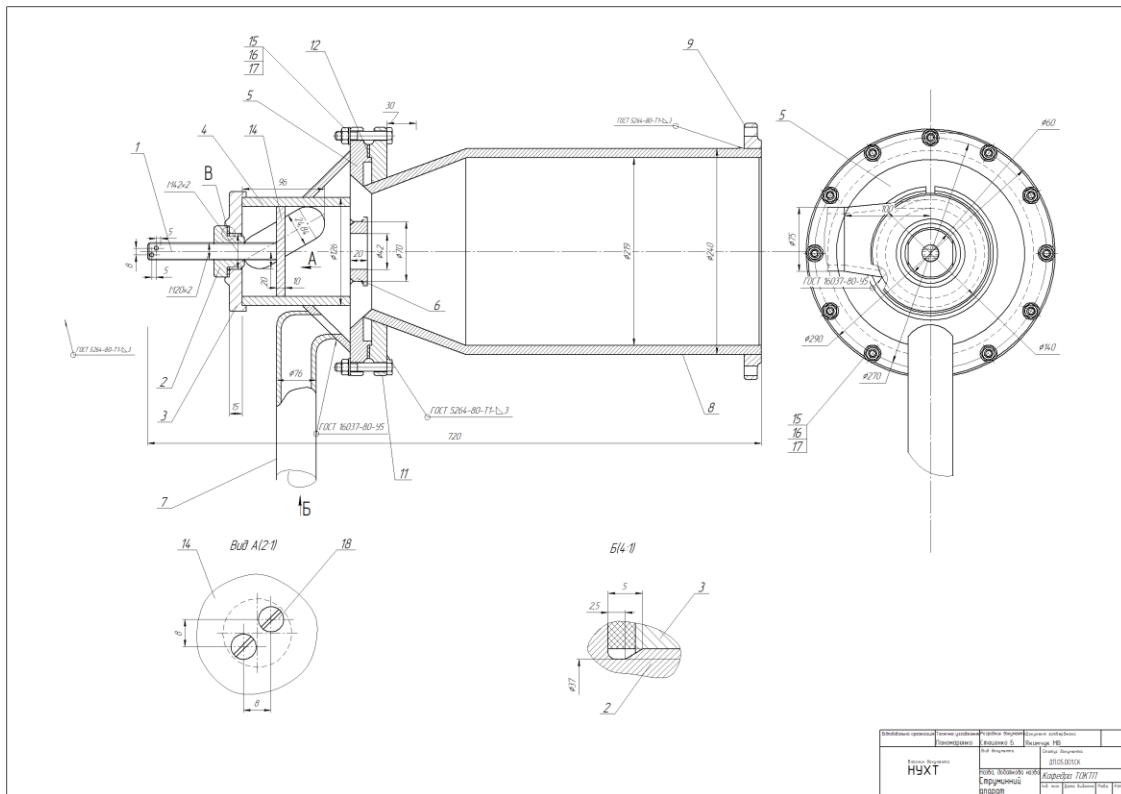


Рис. 2.1. Принципова схема ежектора

- 1 — Патрубок підводу рідини; 2 — Відцентрово-струминна форсунка;
3 — Патрубок підводу газу; 4 — Камера змішування;

контактує рідина лише зовнішньою конусною поверхнею не розпиленого факелу (коли в якості робочого сопла використовується струминні форсунки — диски з отворами). Тому коефіцієнт ежекції в такому сульфитаторі набагато вищий, ніж в аналогічних відомих сульфитаторах.

Далі рідинно-газова емульсія потрапляє в камеру змішування 4, в якій частина рідини у вигляді плівки тече до виходу з камери змішування. Далі рідинно-газова емульсія з камери змішування 4 направляється до основної ємності сульфитатора.

2.3. Характеристика ежектора як об'єкту дослідження

Широке застосування ежекторів в тепло- та масообмінних процесах, а також в якості струминних насосів пояснюється простотою їх конструкції та

надійністю конструкції. Але коефіцієнт корисної дії (ККД) залишається порівняно низьким тому існує потреба в підвищенні ефективності ежекторів. Для цього потрібно оптимізувати їх роботу тобто підібрати усі гідродинамічні та конструктивні параметри, за для забезпечення максимального ККД.

З самого початку застосування різних типів ежекторів їх параметри знаходили як теоретичним так практичним шляхом. При чому ці підходи розвивались взаємопов'язано. Основні рівняння характеристик були отримані в результаті використання законів збереження енергії та кількості руху. Ці рівняння являються досить громіздкими і до того ж включають не менше чотирьох коефіцієнтів, що враховують втрати в різних елементах конструкції ежектора і за звичай знаходяться шляхом додаткових експериментальних досліджень.

Аналіз літературних джерел показав, що оптимальні характеристики ежекторів (при яких реалізується максимальне значення ККД) залежать від взаємозв'язку між конструктивними параметрами, а саме: від форми сопла і вхідної ділянки пасивного потоку, довжини камери змішування, відстані до неї сопла, кута факелу розкриття і. Істотний вплив робить також число Рейнольдса.

Як зазвичай на практиці для розрахунку оптимальних параметрів ежекторів, використовують характеристики джерела енергії: тиск P_p , що подається насосом, витрата рідини Q_p , а також тиск з яким відсмоктується газ P_n , а також тиск на виході з ежектора.

Необхідно визначити коефіцієнт підсосу пасивного потоку $q_0 = Q_n/Q_p$ і коефіцієнт захаращення камери змішування $f_0 = F_k/F_c$ де F_k і F_c відповідно площі перерізів.

Використовуємо основне розрахункове співвідношення:

$$h_0 \cdot f_0 = \mu_0^2 \quad (2.1)$$

де $h = (P_s - P_n)/(P_p - P_n)$ відносний перепад тиску в камері змішування; μ_0

— коефіцієнт витрати камери змішування, що залежить від перерахованих вище факторів.

Оскільки нам відомі тиск P_p і витрата Q_p , активного струменя, а також тиск подачі P_n пасивного потоку, можемо визначити швидкість витікання струменя W_c і діаметр зрізу сопла d_c . Далі знаходимо число Рейнольдса сопла $Re_c = d_c \cdot W_c / \nu$, де ν — коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини.

При обробці літературних даних для камер змішування з центральними соплами $d_c > 6$ мм, що працюють при атмосферному тиску ($P_n \approx 0.1$ МПа) газу, що підсмоктується, показує, що при нормальній конструкції камери змішування коефіцієнт $\mu_0^2 \geq 1$, слабо зростає із збільшенням коефіцієнта розширення камери змішування (при $f_0 > 4$) і істотно знижується із зменшенням Re_c . При розрахунках для числа $Re_c \geq 5 \cdot 10^4$ можна спочатку прийняти а потім за формулою (2.1) знайти попереднє значення f_0 , яке підставити у запропоновану емпіричну залежність.

$$\mu_0^2 \approx k_\mu (f_0 - 1.5)^{0.06} \quad (2.2)$$

де значення для коефіцієнта k_μ в діапазоні $10^4 \leq Re_c \leq 5 \cdot 10^6$.

Послідовними наближеннями визначаємо остаточні значення μ_0^2 і f_0 .

Величина коефіцієнта підсосу q_0 може бути визначений із співвідношення для оптимального значення f_0 :

$$f_0 \approx (1 + q_0)^2 \cdot A_0 - 2q_0^2 \quad (2.3)$$

де $A_0 = 2M + \sum \xi - \phi_a$ — і включає корективи кількості руху М (М < 1.03 при оптимальній довжині камери змішування $l_k = l_k / d_k \leq 7$), сумарні втрати тиску у всіх елементах камери змішування.

Вираз A_0 можна апроксимувати залежністю

$$A_0 \approx k_A \cdot f_0^{0.18} \quad (2.4)$$

де значення коефіцієнтів k_A до а для різних чисел Re_c .

При захарашення $f_0 > 16$ значення A_0 , що підраховані за формулою (2.4) перевищують дійсні на 8÷10%. Більш точно і простіше величина q_0 визначається з запропонованої залежності

$$q_0 \approx k_q (f_0 - 1)^{0.792} \quad (2.5)$$

Формула (2.5) дає задовільні результати при значеннях коефіцієнта розширення камери змішування $f_0 \geq 4$. При значних захаращенні камери змішування (при менших значеннях f_0) завищення розрахункових величин q_0 різко зростає. Наприклад, для $f_0 = 2$ ($Re_c \approx 5 \cdot 10^5$) розрахунок дає величину $q_0 \approx 0,42$, в той час як насправді до $q_0 \leq 0,25$. При менших числах Re_c розбіжності ще більше.

У деяких технологічних процесах режими роботи ежекційних апаратів відхиляються від оптимальних. В принципі проміжні значення h і q можуть бути підраховані із загального рівняння характеристики ежекційних апаратів $h=f(\mu, q, f_0, A)$. Але величини μ і A для проміжних значень q відсутні. Тому на підставі відомих характеристик ежекторів визначаємо, що в широкому діапазоні f_0 відношення максимального значення h_m (при $q = 0$) до оптимальної величини h_0 зберігається практично постійним $\Delta h = \frac{h_m}{h_0} \approx 1,65$. Винятком є діапазон $1 < f_0 < 4$, де відношення Δh поступово знижується і наближається до значення $\Delta h \approx 1,0$. Максимальне значення q_m (при $h=0$) також знаходиться з відношення $\Delta h = \frac{h_m}{h_0} \approx 1,65$, яке в діапазоні $1 < f_0 < 4$ монотонно підвищується до величини 2,0.

Нарешті, переходимо до визначення η_0 ККД ежекційних апаратів. Якщо корисним вважати лише витратату при підсмоктіванні, то при оптимальних параметрах q_0 і h_0 вираз для ККД набуває максимальне значення:

$$\eta_0 = \frac{q_0 \cdot h_0}{1 - h_0} \approx \frac{q_0 \cdot \mu_0^2}{f_0 \cdot \mu_0^2} \quad (2.6)$$

Численними дослідженнями підтверджено, що для чисел $Re_c \geq 2 \cdot 10^5$ максимальне значення $\eta_0 \approx 0,36$ досягається в діапазоні $3,8 < f_0 < 4,5$. Орієнтовно при захаращенні $f_0 > 4$ можна користуватися залежністю $\eta_0 \approx 0,36 - 0,005 f_0$. Збільшення числа Re_c трохи підвищує η_0 , а зниження Re_c , навпаки, призводить до різкого падіння ККД.

Також необхідно відзначити, що в ряді випадків вся рідина на виході з

СН використовується корисно. Тоді ККД підвищується відповідно до залежності

$$\eta_m = (1 + q_0)h_0 / (1 - h_0) \quad (2.7)$$

Запропонований метод розрахунку універсальний його можна використовувати, для будь-яких розмірів, тисків і конструкцій ежекторів. Після опрацювання результатів літературних джерел було виділено залежність коефіцієнта витрати ежектора, що може бути представлена рівнянням:

$$\mu_0^2 \approx \beta_\mu \cdot (f_0 - 1)^{0.13} \quad (2.8)$$

Остаточні захарашення f_0 , як і раніше, знаходимо послідовними наближеннями, використовуючи залежність (2.1) і прийнявши початкове значення $\mu_0^2 > 1,25$.

Оптимальні величини коефіцієнта підсосу q_0 визначаються аналогічно рівнянню (2.5) після обробки дослідних характеристик приймає наступний вигляд:

$$\mu_0^2 \approx \beta_q \cdot (f_0 - 1)^\lambda \quad (2.9)$$

Розрахунки по залежностях (2.1), (2.6), (2.9) показали, що величини підсосу до збільшуються з ростом тиску подачі P_n , але в той же час значення q_0 істотно нижче при більшому робочому тиску.

2.4 CFD-дослідження ежектора

Побудова кінцево-елементної сітки (сіткової моделі) на базі розрахункової області відбувалась в блоці Meshing модуля CFX.

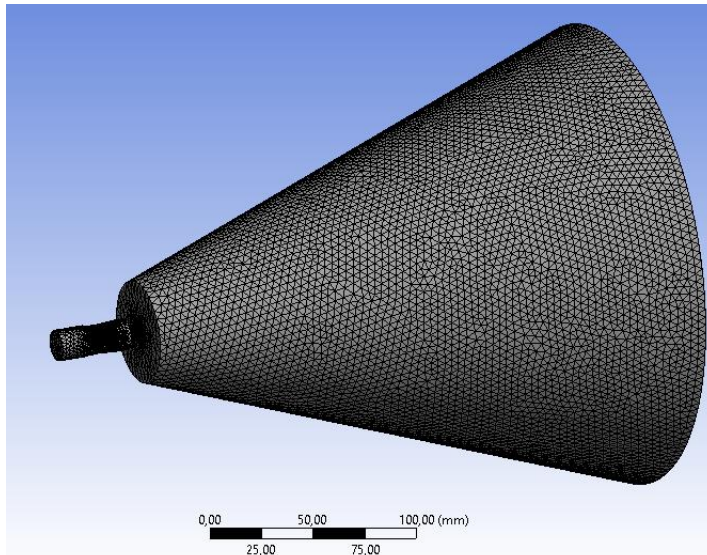


Рис. 2.2. Розрахункова область

Розрахункова сітка (рис. 2.2) – неструктурована. Комірки мають тетраїдальну форму. Дрібні комірки розміщені в зоні з високою концентрацією рідини де виникають найбільші градієнти переносу кількості руху та маси. Комірки більшого розміру розміщені поблизу зовнішніх стінок зони для витоку рідини.

В кінцевому варіанті розрахункову область розбито на 232528 комірок (середній розмір ребра комірки 4 мм). Не дивлячись на те, що комірки були доволі грубі, результати моделювання добре узгоджуються (валідація) з експериментальними даними, а тривалість розрахунку становить 3 – 4 години.

Сформована сіткова модель розрахункової області передана в препроцесор CFX-Pre для створення чисельної моделі роботи форсунки.

В CFX-Pre (блок Setup) формується чисельна модель роботи форсунки, а саме: встановлюються тип задачі, параметри навколишнього та робочих середовищ, початкові та граничні умови, задаються та налаштовуються моделі турбулентності і взаємодії фаз та ін.

Для моделювання роботи форсунки прийнято тип задачі як нестационарна. Задано тривалість комп'ютерного розрахунку, тобто

проміжок часу від входу рідини в розрахункову область і до виходу з неї, 0,5 с, крок між ітераціями – 0,001. Такі параметри пояснюються необхідністю отримання якісної картини течії рідини у всій розрахунковій області.

З бази даних програми ANSYS завантажено робочі середовища, які розглядаються в розрахунку – це вода та повітря.

Параметри навколишнього середовища в процесі розрахунку не змінювались та задані наступними: тиск атмосферний (101325 Па), температура 25 °С. Такі параметри відповідають умовам проведених експериментальних досліджень. При проведенні чисельного моделювання враховано прискорення вільного падіння.

Для замикання рівнянь Нав'є-Стокса, що описують рух в'язкої нестисливої рідини, прийнято стандартну $k-\varepsilon$ модель турбулентності, яка забезпечує раціональне поєднання точності розрахунку, його тривалість та вимоги до розрахункової сітки. Щоб зв'язати напруження Рейнольдса з середньою швидкістю та турбулентною в'язкістю в моделі $k-\varepsilon$ використовується гіпотеза дифузії градієнта параметрів.

Оскільки моделюється двофазна система в якій відбувається передача маси та енергії між середовищами, то прийнято багатофазну модель Ейлера "Mixture" у якій фази розглядаються як взаємо-проникаючі континууми. При цьому, для визначення положення міжфазної межі використовується розподілення маркет-функції $C = f(x, y, z, t)$, яка являє собою об'єму частку (концентрацію) рідини в комірках розрахункової сітки: при $C = 1$ – комірка заповнена рідиною, при $C = 0$ – комірка порожня. Міжфазній межі відповідає ізоповерхня де $C = 0,5$. Динаміка величини C описується рівнянням конвективного перенесення.

Для отримання якісної картини течії в форсунці та характеристик факела розпилення враховано коефіцієнт поверхневого натягу води ν ($\nu = 0,072$ Н/м) та прийнято коефіцієнт опору краплі C_d ($C_d = 0,44$). Таке значення коефіцієнта C_d відповідає турбулентному руху краплі рідини в газовому

середовищі. Необхідно зауважити, що опір, який виникає в результаті взаємодії крапель рідини з газом, є одним з важливих гідродинамічних параметрів, оскільки характеризує рух дисперсних частинок в газовому потоці. Тому, урахування коефіцієнта C_d при комп'ютерному моделюванні є обов'язковим.

Задано початкові умови та проведено ініціалізацію. Початковими умовами для моделювання є нульова швидкість, атмосферний тиск та об'ємна частка (Volume fraction) повітря рівна 1 (100 %) у всій розрахунковій області.

Наступним етапом створено граничні умови – це вхід рідини у форсунку (Inlet_water), стінка (Wall), яка являє собою тіло форсунки, та відкрито (Opening), яке означає, що розпилення рідини з сопла відбувається в умовно безмежний простір. Поверхні до яких задаються граничні умови показано на рис. 2.3.

Для граничної умови “Inlet_water” вибрано тип умови “Inlet”. На перших етапах моделювання були спроби виразити вхід рідини через значення тиску. Однак, вони виявилися невдалими, оскільки при проведенні розрахунку програма зупинялася через критичну помилку. Тому, при наступних дослідженнях вхід рідини в форсунку задавався через масову витрату (задавалось декілька значення масової витрати щоб дослідити різні режими роботи форсунки), що дозволило успішно провести розрахунок.

Враховуючи рекомендації з літературних джерел, параметри моделі турбулентності (кінетична енергія турбулентності k та швидкість дисипації кінетичної енергії ε) для граничної умови “Inlet_water” задано наступними: $k = 0,05$, $\varepsilon = 10$. Для цієї ж умови встановлено об'ємну частку води 1 (100%), а повітря – 0, тобто вхід лише рідини.

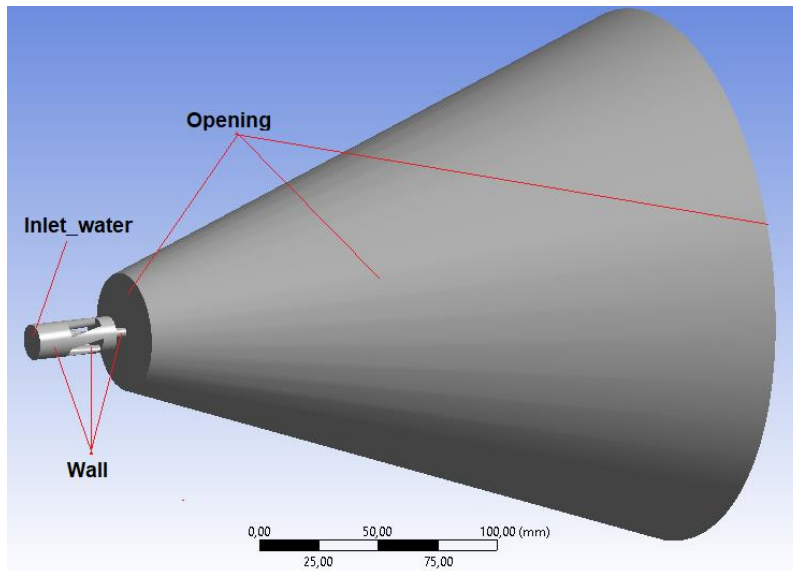


Рис. 2.3. Поверхні до яких задаються граничні умови

Для граничної умови “Opening” задано тип умови “Opening” та встановлено атмосферний тиск. В початковий момент часу в кінчному просторі знаходиться лише повітря, тому його об’ємна частка становить 1, а води – 0.

Для граничної умови “Wall” задано тип умови “Wall”, тобто тверда стінка. Щоб врахування тертя рідини об стінку використано параметр “No-slip wall”.

2.5 Аналіз результатів CFD-моделювання

Обробка результатів розрахунку (масив даних з сіткової моделі, в якій для кожної комірки знайдені параметри потоку) дозволяє детально дослідити гідродинаміку рідини в форсунці та характеристики факела розпилення.

Представлено, як приклад, результати моделювання роботи форсунки з діаметром отвору сопла 4 мм та масовій витраті рідини 0,2 кг/с, що відповідає тиску води в форсунці 0,25 МПа. Такими результатами є: швидкість та траєкторія руху води у форсунці, об’ємна частка рідини в розрахунковій області, швидкість крапель рідини та тиск в поперечному

перерізі факела розпилення.

На рис. 2.4 показано розподілення швидкості рідини в форсунці у вигляді контурного зображення.

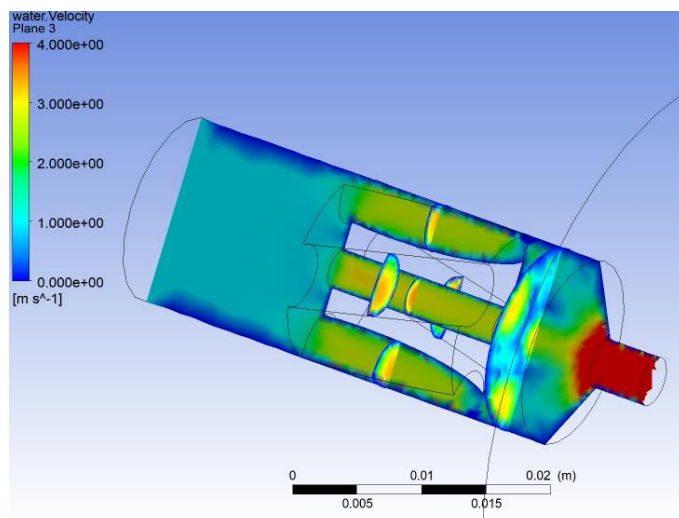


Рис. 2.4. Швидкість рідини у форсунці

Аналіз приведених результатів (рис. 4.4) показав, що рідина входить у форсунку (нуль по осі X на рис. 4.4, б) зі швидкістю 1,2 м/с. У нахилених каналах вставки та її осьовому отворі швидкість підвищується до 3 – 3,5 м/с. В камері закручування вона знижується до 1,5 – 2,5 м/с, що пояснюється збільшенням площі поперечного перерізу. Значне підвищення швидкості води спостерігається в перехідній конічній ділянці між камерою закручування та соплом, яке викликане поступовим зменшенням площі прохідного каналу. Максимальна швидкість 19,3 м/с досягається у соплі форсунки.

Картина руху рідини у відцентрово-струминній форсунці з профільованою вставкою доповнена тривимірною візуалізацією лініями напрямку течії (рис 2.5).

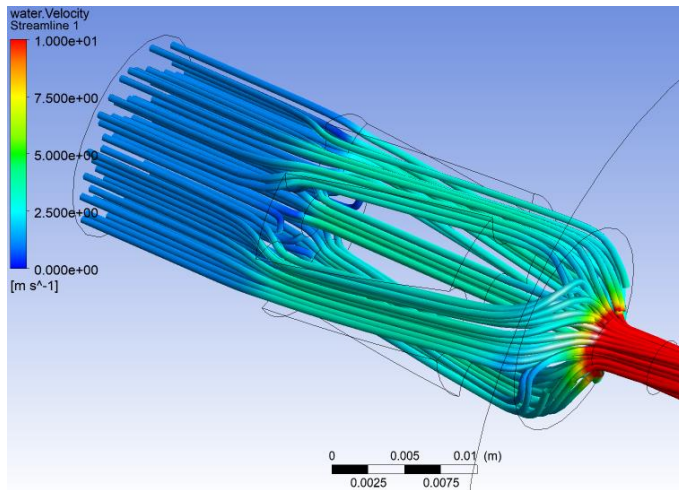


Рис. 2.5. Лінії напрямку течії рідини у відцентрово-струминній форсунці

Для чисельного моделювання ежектора з комбінованою камерою змішування було створено 3-D модель ежектора, що складається з приймальної камери, робочого сопла у вигляді форсунки з двома нахиленими підвідними каналами та конічно-циліндричної камери змішування.

Ежектор з комбінованою камерою змішування є інноваційним. Він показав свої переваги над ежектором з циліндричною КЗ. Гідродинаміка потоків у такому ежекторі не досліджена.

Для моделювання як робоче сопло ежекторів використано форсунку з двома нахиленими підвідними каналами, які відкриті на 60 %, що забезпечує відцентрово-струминну течію і диспергований струмінь рідини на виході з сопла. Така форсунка використовувалася при натурних дослідженнях роботи обох ежекційних апаратів, що дозволяє здійснити валідацію результатів CFD-моделювання (якісні характеристики течії у камері змішування).

Основні розміри ежектора:

- діаметр сопла форсунки 4 мм;
- кут розширення конічної частини КЗ становить 25°, а її довжина 10 мм;

- діаметр циліндричної частини КЗ 19 мм, а її довжина – 142 мм;
- основний геометричний параметр ежектора – $m = 22,56$.

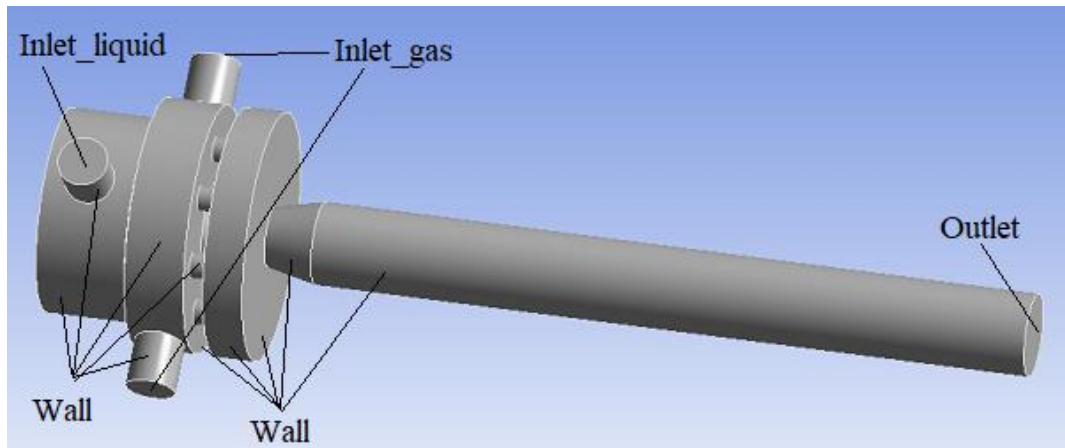


Рис. 2.6. Розрахункова область та поверхні до яких задаються граничні умови

На наступних контурних зображеннях та графіках представлені результати чисельного моделювання роботи ежектора ($d_c = 4$ мм, $D_{кз} = 19$ мм) з комбінованою камерою змішування при масовій витраті рідини 0,2 кг/с, що відповідає її тиску в робочому соплі 0,25 МПа.

Розподілення статичного тиску в ежекторі з комбінованою камерою змішування представлено на рис. 2.7.

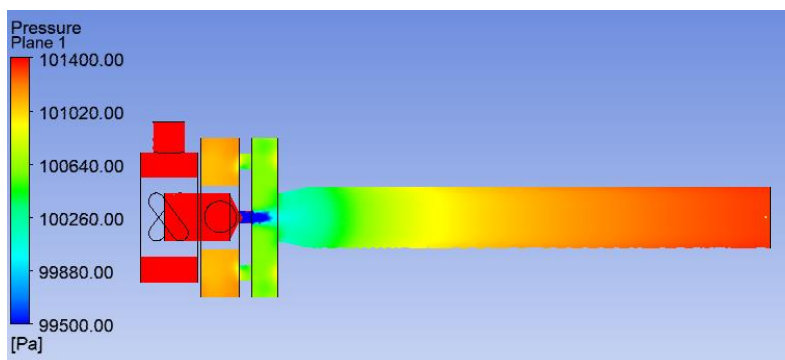


Рис. 2.7 Розподілення статичного тиску в ежекторі з комбінованою камерою змішування

Аналіз результатів CFD-моделювання (рис. 2.7) дозволив встановити, що в приймальній камері та конічній частині камери змішування виникає зона пониженого тиску в діапазоні 76 – 100,5 кПа

Розглянемо розподілення об'ємної частки рідини (рис. 2.8) в ежекторі.

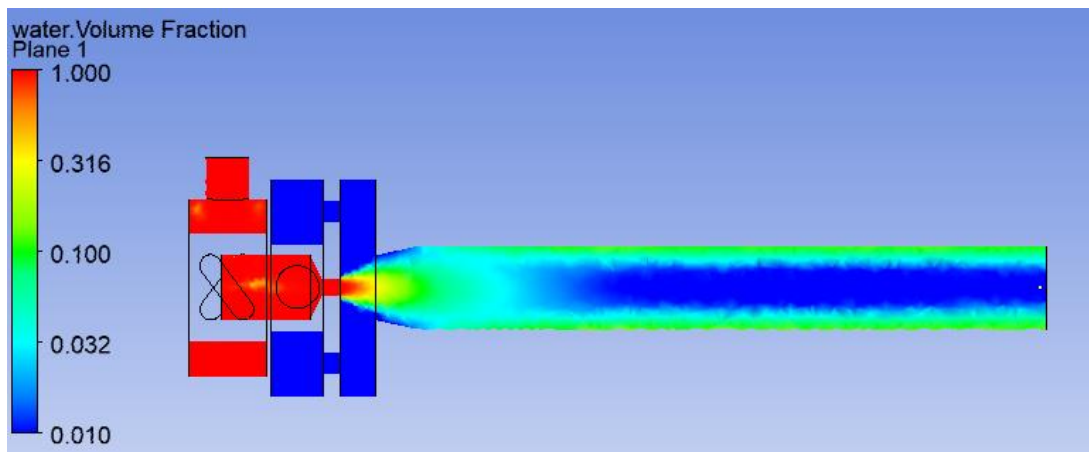


Рис. 2.8 Розподілення об'ємної частки рідини в ежекторі

Аналіз руху рідини (рис. 4.29) показує, що частина крапель розпиленої з сопла форсунки води ударяється об стінки камери змішування в місці з'єднання конічної та циліндричної її частин. Крім того, забезпечується кільцевий зазор між факелом розпиленої рідини та конічною частиною КЗ для ежекції газу. На відстані близько $1,3D_{кз}$ від початку камери змішування (переріз *I-I*) краплі рідини рівномірно розподілені по її поперечному перерізу, про що свідчить однорідне поле концентрації. При перевищенні цієї відстані формується кільцевий режим течії, який зберігається до виходу з КЗ: по осі камери змішування об'ємна частка рідини мінімальна (1 – 2%), а біля стінок максимальна (11 – 13%).

На рис. 2.9 представлено розподілення об'ємної частки газу в ежекторі.

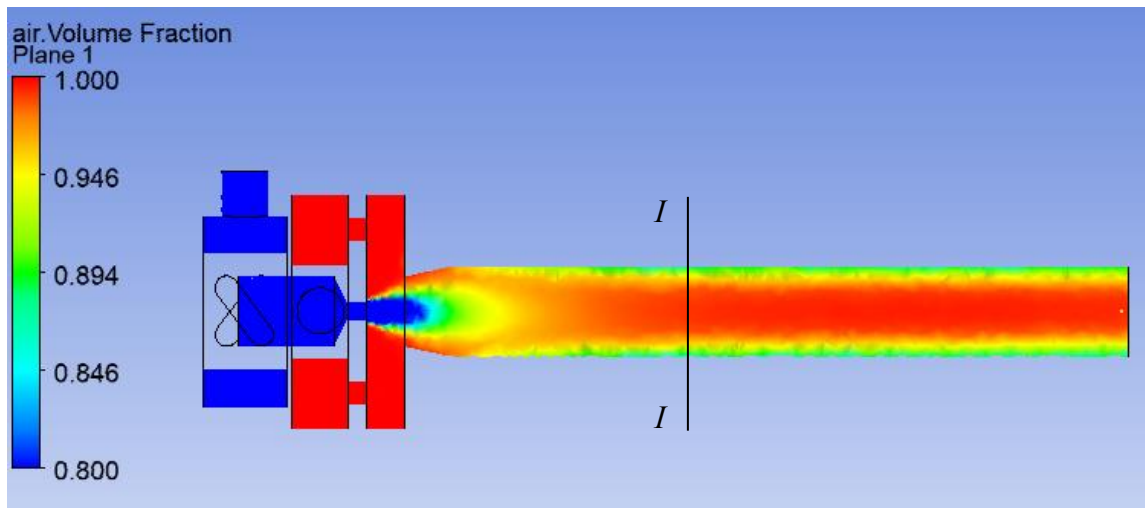


Рис. 2.9 Розподілення об'ємної частки газу в ежекторі

Аналіз результатів чисельного моделювання (рис. 2.9) показав, що в кінчній та на початку циліндричної частин камери змішування відбувається перерозподіл структури газового потоку за рахунок взаємодії з потоком рідини. На відстані понад $2,5D_{кз}$ від початку камери змішування (переріз $I-I$) по осі ежектора кількість газу максимальна (98 – 99%), а при наближенні до стінки знижується до 87 – 89%.

Лінії напрямку течії газової фази, які представлені на рис 2.10, показують аналогічний як і в ежекторі з циліндричною КЗ перехід повітря до осі ежектора (у факел розпиленої рідини).

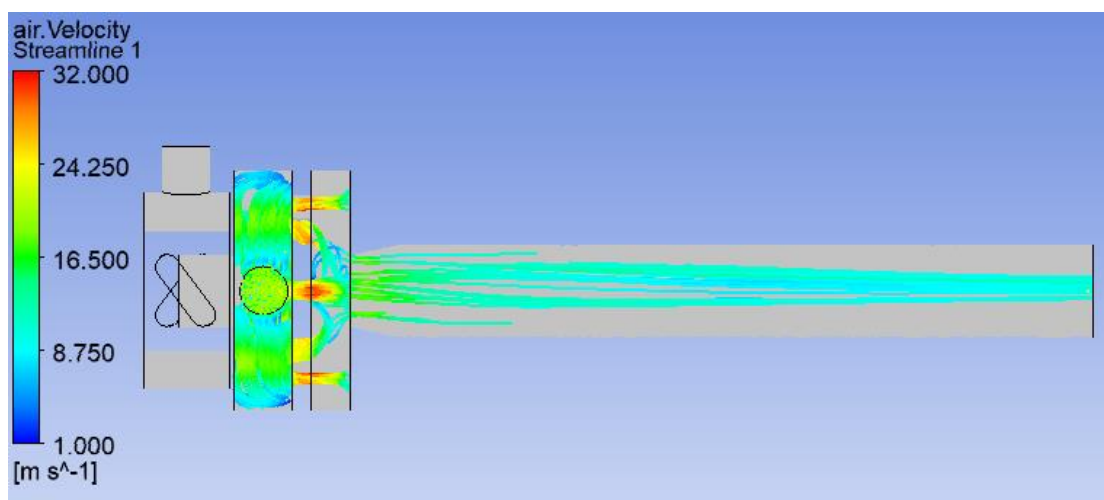


Рис. 2.10 Лінії напрямку течії газової фази

На рис. 2.11 представлено розподілення густини суміші в комбінованій камері змішування.

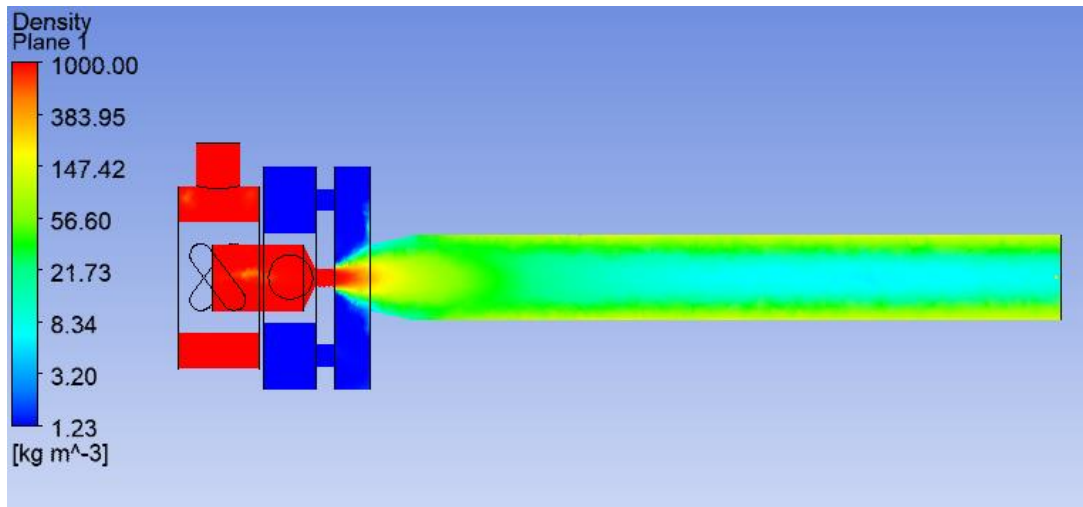


Рис. 2.11 Розподілення густини суміші в комбінованій камері змішування

Аналіз рис. 2.11 показав, що однорідне поле густини двофазної суміші в комбінованій камері змішування досягається на відстані близько $1,3D_{кз}$ від її початку (переріз *I-I*). При перевищенні цієї відстані відбувається рошарування потоку, що супроводжується рухом основної маси рідини біля стінки, а повітря – по її осі (кільцевий режим течії в ежекторі з комбінованою камерою змішування спостерігався і при експериментальних дослідженнях). На виході з камери змішування біля її стінки рухається двофазна суміш густною $110 - 115 \text{ кг/м}^3$, а по осі суміш густиною $8 - 10 \text{ кг/м}^3$. Розподілення густини суміші аналогічне як і у ежекторі з циліндричною камерою змішування.

3. Сутність та обґрунтування модернізації (інтенсифікації) станції сульфатації барометричної води

Різне підвищення ціни на обладнання, відсутність централізованих капіталовкладень та власних засобів коштів привели до скорочення заходів направлених на реконструкцію та переобладнання і будівництво нових підприємств.

Як показав досвід зарубіжних країн, високий ступінь вилучення цукрози можливо досягти лише на високопродуктивних цукрових заводах, що оснащені прогресивними технологічними схемами.

У процесі сульфатації утворюються сульфат-іони, які інгібують карбонільні групи з утворенням інвертного цукру та продуктів його розпаду в соках і сиропах, перешкоджаючи наростанню їх кольоровості при подальших операціях, а також знижують рН оброблюваних рідин.

Так як обладнання для проведення процесу сульфатації на багатьох цукрових заводах потребує переоснащення та модернізації. Тому я пропоную удосконалити станцію сульфатації барометричної води, як такої, що приймає участь в одному із основних процесів при виробництві цукру, і впливає на знебарвлення, зниження в'язкості та стерилізації.

Очікуваний технічний результат при впровадженні такої установки полягає у забезпеченні надійності роботи сульфатаційної установки при змінах витрати рідини, що сульфитується в діапазоні 50-120% від номінального, в зниженні витрати сірки та підвищенні ефекту сульфатації при вказаному діапазоні витрати рідини.

Для досягнення цього результату запропонована установка включає піч для спалювання сірки, пов'язаний з нею трубопровід засіб для очищення

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Принцип роботи</i>	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/9

сірчистого газу від пилу і допалювання сірки, і струменевий сульфітатор, що складається з ежекційного апарату, сепаруючої ємкості, трубопроводів відводу обробленої рідини та відпрацьованого газу, який відрізняється тим, що сепаруюча ємкість являє собою циліндрично-конічний циклон, причому знизу конічної частини його розміщена розподільча тарілка з отворами, а патрубок відводу сульфітаційного газу з циліндрично-конічного циклону з'єднаний з нижньою частиною сульфітатора нижче встановленої розподільчої тарілки, причому патрубок відводу відпрацьованого сульфітаційного газу розміщений з сульфітатора приєднаний до циліндричної частини сульфітатора вище розподільчої тарілки.. Пристрій підведення рідини являє собою відцентрово-струминну форсунку, а пристрій для очищення сірчистого газу від пилу і допалювання сірки - циклон, корпус якого забезпечений теплоізоляцією.

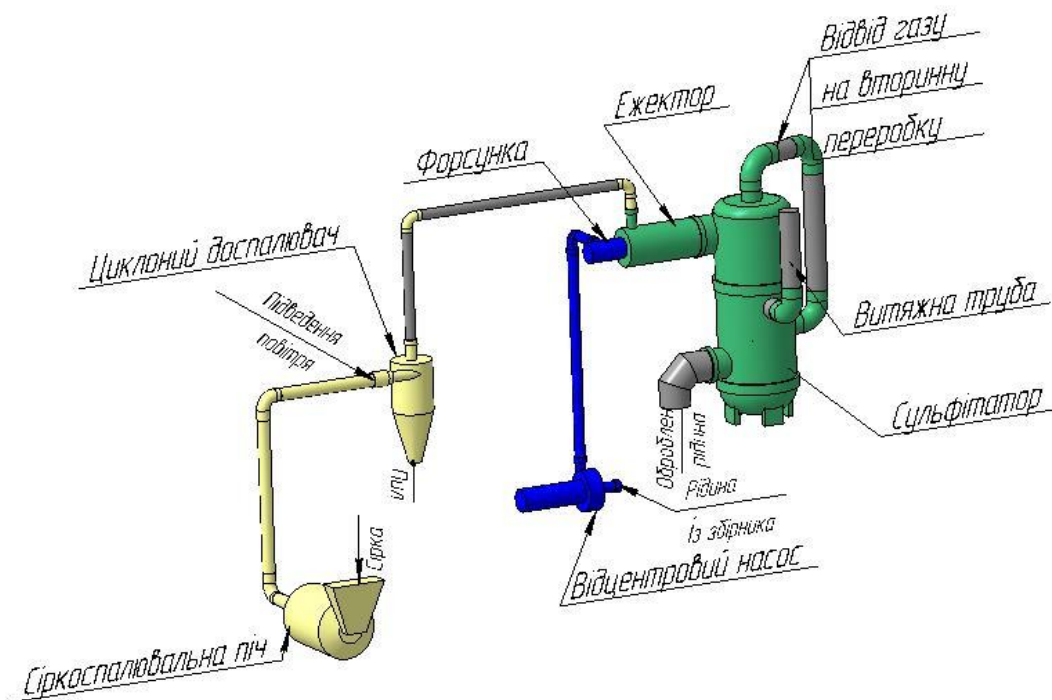


Рис. 3.1. 3Д вигляд сульфітаційної установки

Основним елементом сульфитаційної установки є форсунка з нахиленими вхідними каналами.



Рис. 3.2 Форсунка з двома нахиленими підвідними каналами

1 – підвідний патрубок; 2 – корпус; 3 – камера закручування; 4 – сопло;
5 – підвідний канал; 6 – плунжер з штоком

При переміщенні плунжера одночасно змінюється радіус закручування та площа вхідних каналів (геометрична характеристика форсунки міняється в більш широкому діапазоні, ніж у відомих форсунках з регульованими підвідними каналами). Оскільки в даній конструкції розпилювача відсутні додаткові внутрішні елементи, що формують осьовий і тангенційний потоки, то ймовірність засмічення такої форсунки невелика, що вигідно її відрізняє від інших типів розпилювачів. Такі форсунки знайшли застосування як диспергуючі пристрої струминних сульфитаторів води, соку, в абсорбері першої розпилюючої ступені першої сатурації, деамонізатора конденсатів та ін.

При проектуванні пропонованих форсунок після визначення перетину вхідних каналів (виходячи з швидкості течії рідини в напірних каналах) каналам надають форму щілини, ширину якої рекомендується виконувати рівновелику діаметру сопла.

Кількість похилих підвідних каналів визначається умовою рівномірності заповнення факела розпилення по кільцевих перерізах краплями диспергованої рідини. Для отримання симетричного факелу з

рівномірним розподіленням рідини достатньо двох або трьох підвідних каналів. Проведені нами дослідження показали, що при виконанні вже двох підвідних каналів симетричність розподілення крапель рідини в факелі розпилення значно покращується, а коефіцієнт витрати збільшується на 17 % по відношенню до форсунки з одним підвідним каналом.

Кут нахилу щілинного каналу до осі корпусу форсунки рекомендовано вибирати в межах 30...60 °. При перевищенні кута більше 60°, хід плунжера недостатній, щоб досягти необхідної точності регулювання витрати рідини (відбувається швидка зміна геометричної характеристики форсунки A і коефіцієнта витрати μ).

При куті нахилу щілинного каналу менше 30° необхідний значний хід плунжера. Це викликає збільшення габаритів форсунки і зменшення діапазону регулювання витрати рідини. Більш детальне пояснення та обґрунтування вибору кута нахилу та ширини підвідних каналів можна знайти в наших патентах .

Більш широкий діапазон регулювання витрати рідини через форсунку в порівнянні з відомими досягається тим, що при переміщенні плунжера вздовж вертикальної осі корпусу одночасно змінюється площа вхідних каналів і середнє плече закручування рідини. Наприклад, при зменшенні висоти відкритої щілини зменшується її площа і одночасно збільшується плече закручування, тобто зменшення висоти відкритої щілини викликає швидке (в більш широких межах) збільшення геометричної характеристики форсунки, ніж у відомих форсунках з плунжером, коли змінюється лише площа вхідних каналів :

$$A = 2 \pi \frac{r r_c}{f_{ex}}$$

При виконанні різних кутів нахилу вхідних щілинних каналів, отримаємо і різну швидкість зміни витрати рідин через форсунку. За даними наших випробувань у форсунках з нахиленими підвідними каналами діапазон

зміни коефіцієнта витрати становить $0,15 \dots 0,7$. Зміна коефіцієнта витрати $\Delta\mu = 0,70 - 0,15 = 0,55$, що в 1,6 що рази більше, ніж в аналогічній по продуктивності відцентровій форсунці, в якій $\Delta\mu = 0,50 - 0,15 = 0,35$.

При дослідженні форсунок даної конструкції на гідравлічному стенді отримано Залежність коефіцієнта витрати форсунки від тиску рідини в соплі форсунки (рис. 3.3).

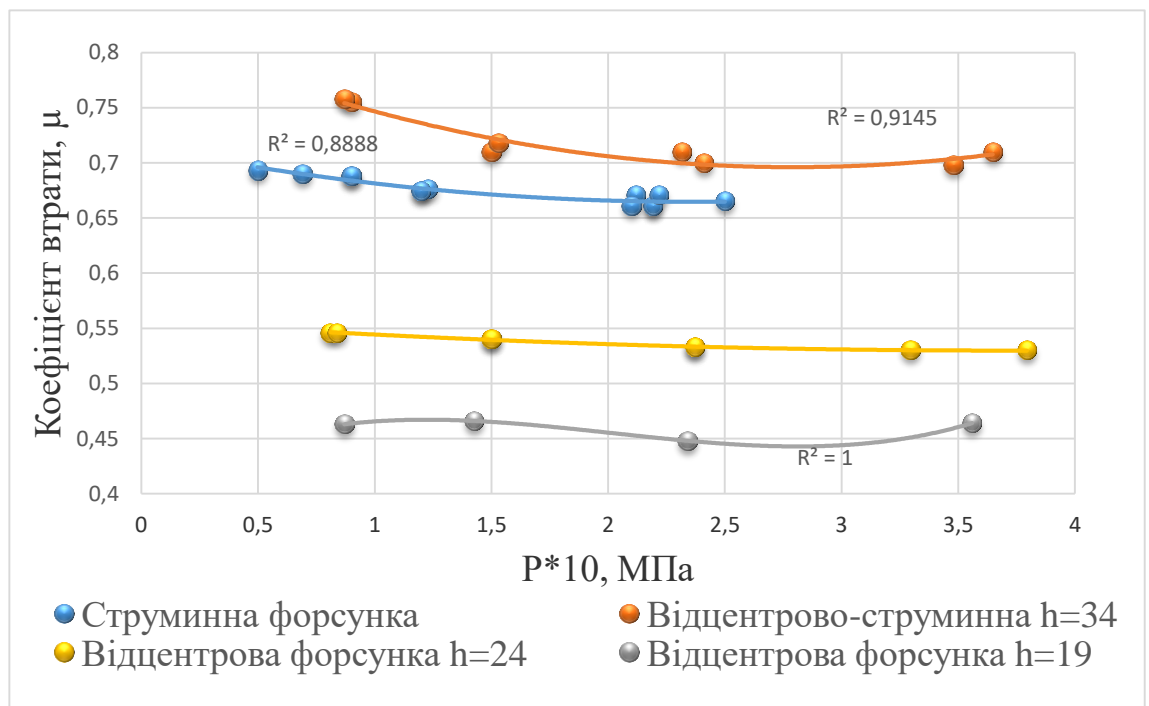


Рис. 3.3 Залежність коефіцієнта витрати форсунки від тиску рідини в соплі форсунки при висоті вхідного каналу $h=52$ мм

Зі збільшенням тиску рідини, а отже і її швидкості в соплі форсунки, збільшуються гідравлічні втрати, що призводить до зменшення коефіцієнту витрати. В межах досліджених тисків зменшення коефіцієнту витрати не значне.

Даний графік залежності коефіцієнта витрати форсунки від тиску в соплі дозволяє стверджувати, що в діапазоні досліджених тисків витрата рідини через

форсунку при даній висоті відкритого вхідного каналу залежить лише від тиску. Коефіцієнт витрати в дослідженому діапазоні тисків при розрахунках продуктивності форсунок може бути прийнятий постійним.

Експериментально встановлено, що кількість нахилених підвідних каналів також впливає на енергоефективність форсунок: форсунки з двома підвідними каналами мають вищий коефіцієнт витрати, що пов'язане зі зменшенням швидкості вхідного потоку в камеру змішування форсунок та втрат в самій камері змішування. Графік залежності коефіцієнта витрати від тиску рідини на вході для форсунок з повністю відкритими каналами (струминна форсунка) представлений на рис. 3.4.

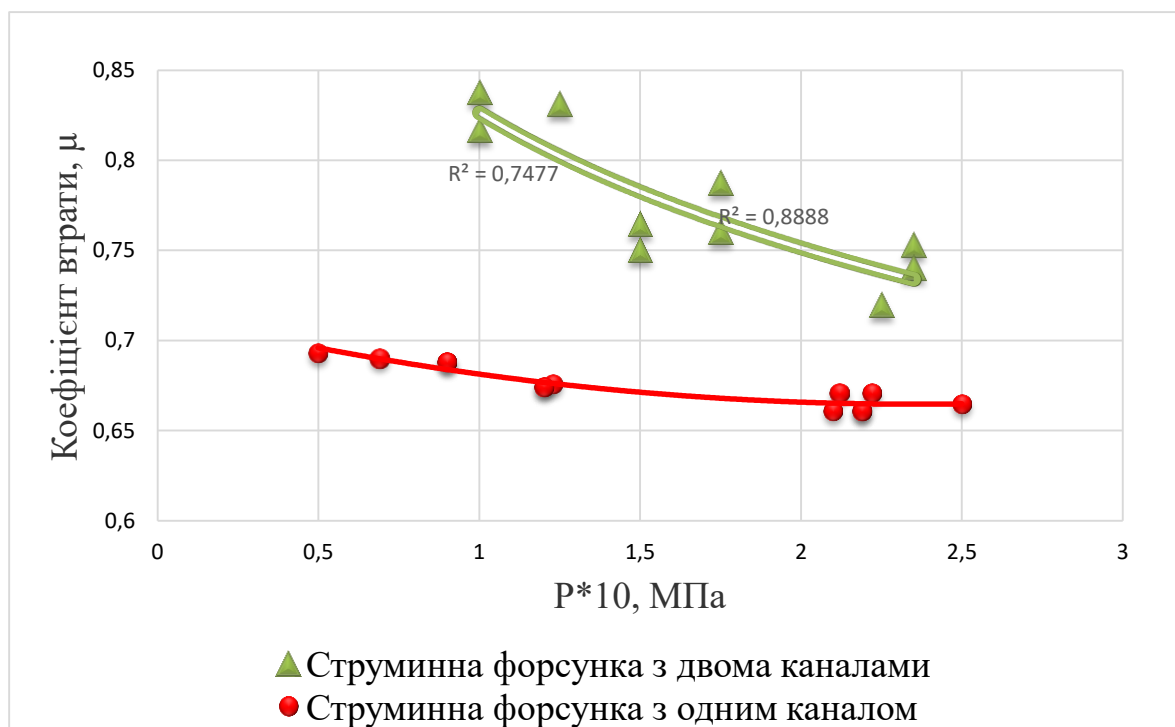


Рис. 3.4 Залежність коефіцієнта витрати форсунки від тиску рідини в соплі форсунки при повністю відкритих каналах (струминна форсунка)

Важлива також така характеристика форсунки, як розподілення рідини в поперечному перерізі факела розпилення. Для роботи обладнання в інтенсивному режимі необхідно мати максимально можливу рівномірність розподілення рідини. Графік розподілення рідини по поперечному перерізі

факела розпилення для форсунки з нахиленими підвідними каналами приведено на рис. 3.5

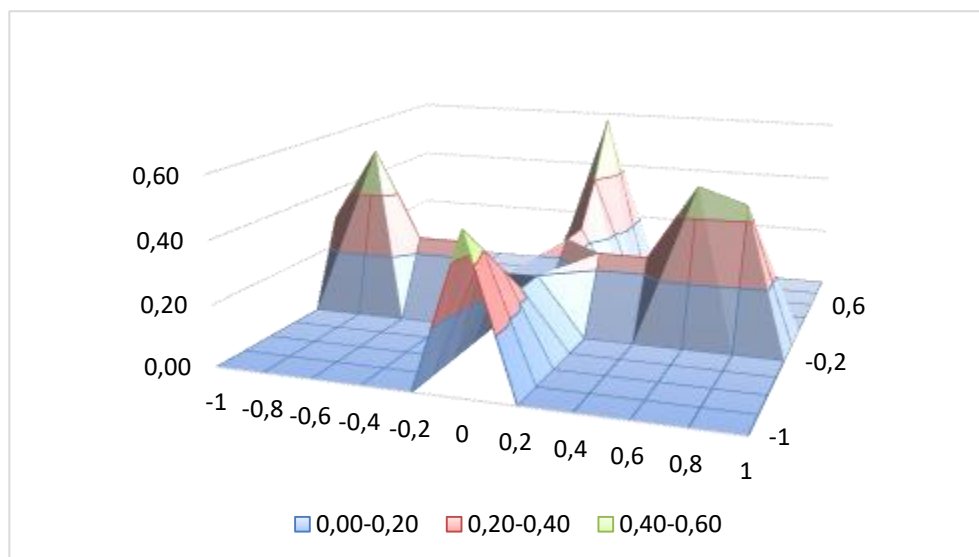


Рис. 3.5 Залежність відносної щільності зрошення від відносного радіуса для форсунки з двома підвідними каналами при $P = 0,186$ МПа

При двох підвідних каналах, що виконані симетрично відносно осі форсунки через 180° , щільність зрошення в кільцевих перерізах рівномірна. Середня частина факелу розпилення заповнена краплями рідини, що приводить до інтенсифікації роботи тепломасообмінного обладнання та струминних апаратів.

Покращити рівномірність заповнення факелу розпилення рідиною можна збільшенням кількості підвідних каналів, але не більше, ніж, так як помітного покращення розподілення рідини в подальшому не спостерігається, але виникають труднощі виготовлення форсунок.

Так форсунка була використана як активне сопло ежектора з комбінованою камерою змішування (рис. 3.6).

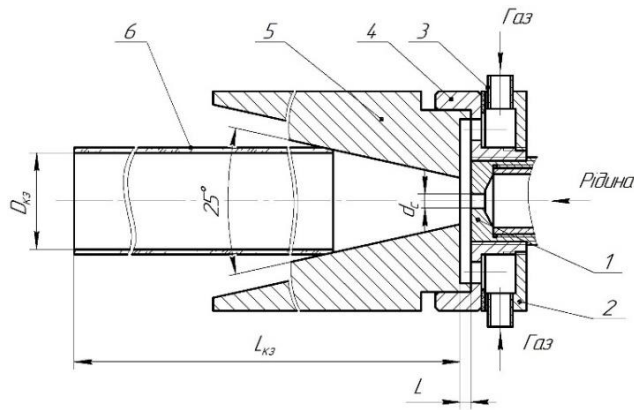


Рис. 3.6 Ежектор з комбінованою камерою змішування

Аналіз течії рідини на початковій ділянці ежектора показує, що виконання конічного розширення камери змішування (початкової її частини), приводить до зменшення гідравлічного опору і, відповідно, збільшення корисної енергії струменя рідини для ежекції газу. При цьому, кут розкриття дифузору приймається в діапазоні $3 - 8^\circ$, при якому мінімальні гідравлічні втрати та безвідривний рух рідини. Слід відмітити, що запропонований кут розкриття дифузора залежить від типу форсунки, через яку витікає рідина (вказаний кут актуальний для витoku рідини через отвір в вигляді компактного струменя рідини).

На основі власних попередніх розрахунків та експериментальних досліджень камеру змішування виконано комбінованою – з початковою конічною та наступною циліндричною ділянками. Кут розкриття конічної частини на $3 - 8^\circ$ менший за кут факелу розпилення рідини. При такому виконанні кільцевий зазор між факелом розпиленої рідини та конічною стінкою на початку приймальної камери забезпечує гарантовану ежекцію газової фази та сприяє створенню зони високого розрідження.

Перехід до циліндричної частини камери змішування ежектора відбувається в місці удару крапель рідини об її стінки, що забезпечує роботу ежектора без утворення зворотно-циркуляційних потоків. Діаметр циліндричної камери змішування вибирається з умови досягнення максимального коефіцієнта ежекції (оптимального значення основного

геометричного параметра ежектора) . В сукупності це приводить до підвищення ККД та Кеж ежектора.

При куті розкриття конічної частини камери змішування менше 3° за кут факела розпилення рідини, краплі рідини будуть потрапляти на конічну стінку і рухатимуться по ній, що призводить до збільшення гідравлічного опору .

Якщо кут розширення конічної частини камери змішування більший за 8° кута факелу розпилення рідини – краплі рідини не торкатимуться конічних стінок, збільшиться зазор між внутрішньою поверхнею конічної частини камери змішування та зовнішньою поверхнею факела розпилення, виникають зворотно-циркуляційні потоки, коефіцієнт ежекції зменшується

4. Устрій та принцип роботи станції сульфатації

В середині чавунного корпусу сульфитатора (Рис 4.1.), що призначений для відбору відпрацьованого соку, встановлена перегородка для утворення гідравлічного затвору, з метою попередження проникнення сірчистого газу в зливний трубопровід, а також забезпечення надійного контролю рН вихідного

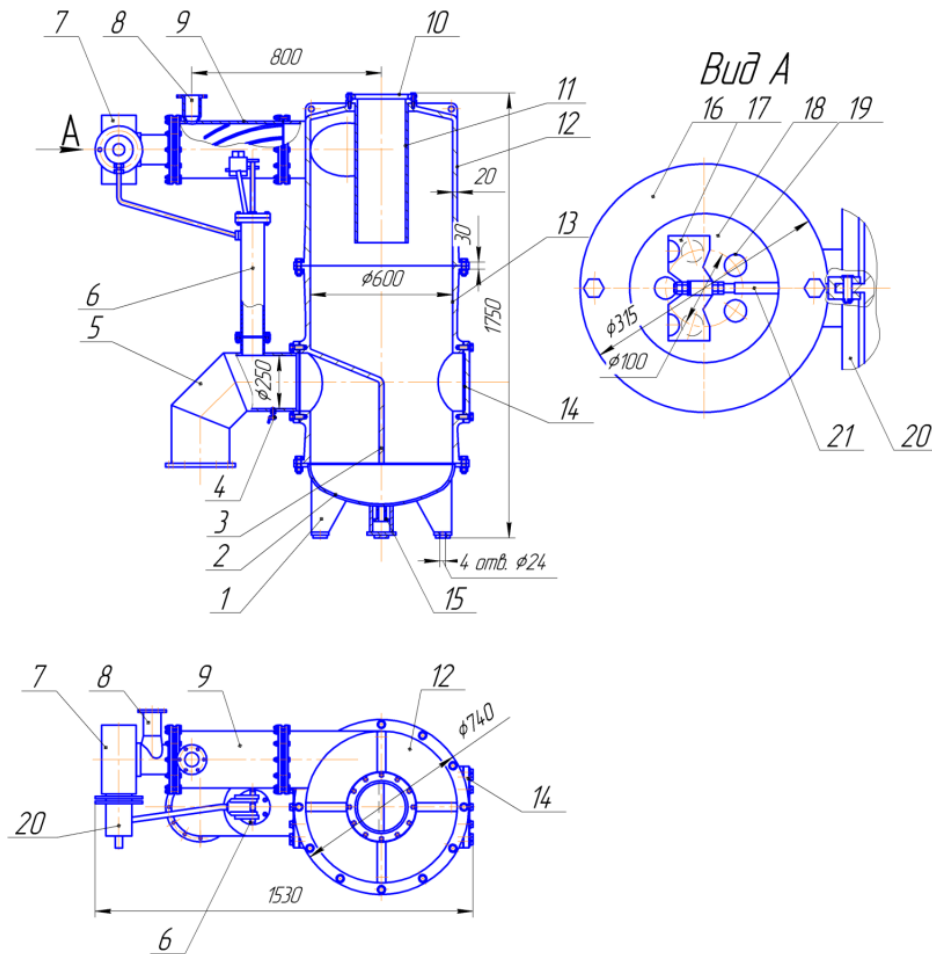


Рис. 4.1. Рідинно-струменевий сульфитатор соку А2-ПСК-3

1. Опори; 2. Днище; 3. Перегородка; 4. Кран; 5. Зливний трубопровід; 6. Трубопровід датчика; 7. Відцентрова форсунка; 8. Патрубок підведення газу; 9. Камера змішування; 10. Фланець; 11. Циліндр; 12. Сепаратор; 13. Чавунний корпус; 14. Люк; 15. Патрубок для спуску; 16. Фланець; 17. Пластина; 18. Диск; 19. Отвір; 20. Корпус; 21. Шток.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ремінець ІС	Назва, додаткова назва Принцип роботи	222143.MP.04.001 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук МВ		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/6

продукту. Корпус встановлюється за допомогою фланцевого з'єднання на сталеве еліптичне днище із приварними лапами, що кріпиться за допомогою болтів на раму або фундамент. Відвід виготовлений із сталевих труб з фланцями і служить для виходу відпрацьованого продукту з сульфідатора, а також для встановлення датчика рН-метра. Для проведення внутрішнього огляду в корпусі встановлене оглядове вікно, що закривається люком.

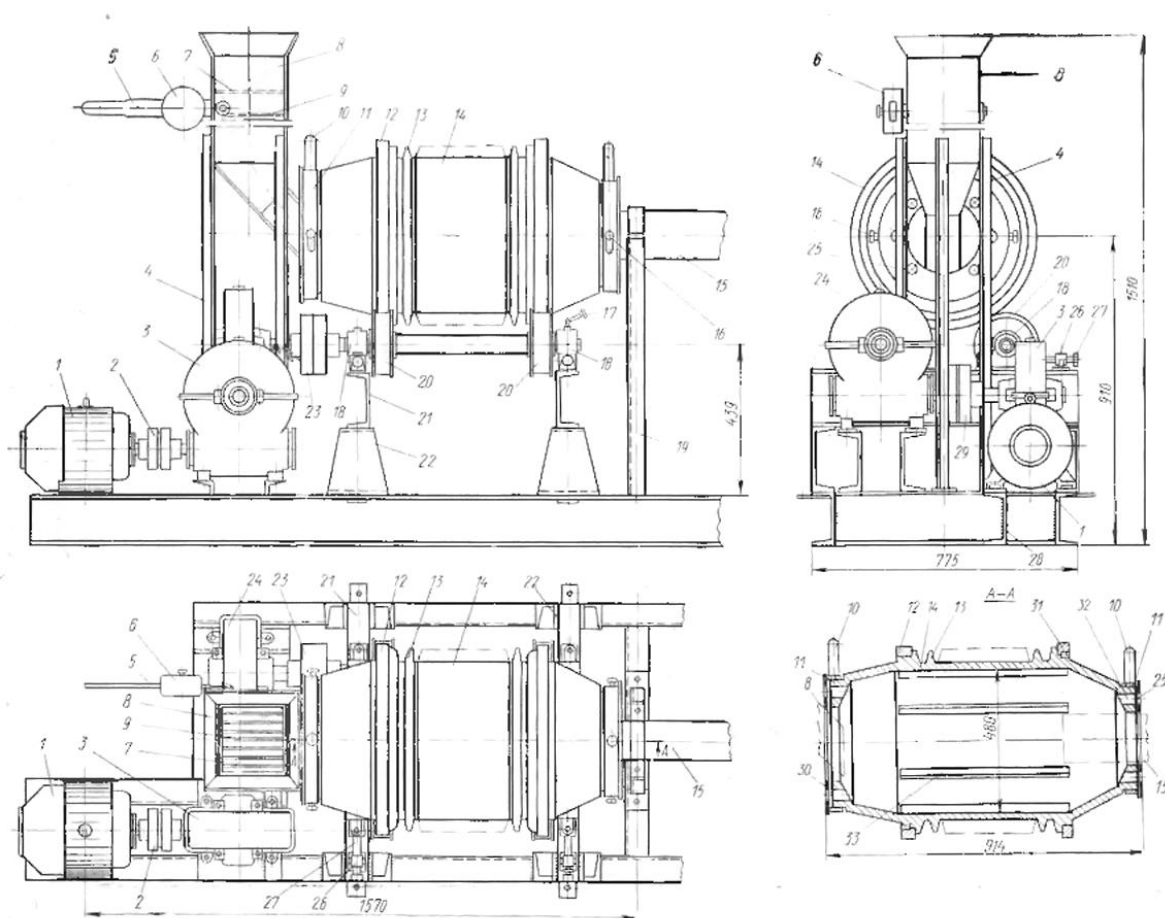
Зверху на корпус за допомогою фланцевого з'єднання встановлюється чавунний сепаратор, що представляє собою циклон з тангенціально розміщеним патрубком для входу соку. Сепаратор призначений для розділення рідини та відпрацьованого газу, а також додаткового масообміну між газом та рідиною, що стікає тонким шаром по внутрішній поверхні сепаратора. За допомогою фланцевого з'єднання до сепаратора приєднується камера змішування що являє собою трубу з патрубком підводу сульфідатійного газу, а в самій камері змішування виконано направляючий апарат у вигляді гвинтової нарізки. На вході до камери змішування розміщена відцентрово-струминна форсунка, що призначена для утворення розпиленої струмини рідини, тобто являється сопловим пристроєм. Циліндр призначений для видалення відпрацьованого газу з сульфідатора.

Сіркоспалювальна піч БВЯ-2 (Рис. 5.2) являє собою чавунний барабан 14 з конусами на торцях. На зовнішній поверхні барабана знаходиться гофрований охолоджувач 13. Барабан за допомогою гвинтів 31 охоплений двома бандахмі 12, якими він спирається на чотири обертових ролика 20. Ролики попарно насаджені на вали. Один вал привідний, інший вільний. Ролики обертаються в підшипниках 18. Приводний вал з роликами обертається електродвигуном / потужністю 1 кВт через два послідовно встановлених черв'ячних редуктора 3 і 24. Зчленування електродвигуна з редуктором 3, редукторів між собою і редуктора 24 з приводним валом роликів здійснюється муфтами 2, 29 і 23. За допомогою гвинтів 27, що обертаються в гайках 26, вільний вал з двома роликами може переміщатися,

займаючи положення, необхідне для нормального обертання барабана. Мастило підшипників роликів проводиться з чотирьох маслянок 17. Підшипники встановлені на постаменті, що складається з основи 22 і швелера 21.

Усередині барабана є шість поздовжніх ребер 33, які при обертанні барабана з частотою $0,008 \text{ c}^{-1}$ (0,5 об / хв) захоплюють палаючу розплавлену сірку, в результаті збільшується дзеркало горіння.

Піч завантажується кусковий сірої через один з торців барабана. Всередину барабана входить рукав бункера 8, в якому знаходиться сірка. Подача сірки проводиться відкриттям заслінки 9 за допомогою рукоятки 5, на якій розташований противагу 6. Над заслінкою розташовується решітка 7 з планок для обмеження розмірів шматків сірки. Бункер спирається на стійки 4 з угрлков.



У піч 5, де спалюється сірка, що подається із збірника 14, надходить повітря з атмосфери, яке в результаті згоряння сірки збагачується сірчистим ангідридом. По трубопроводу, що вкритий теплоізоляційним матеріалом, сірчистий газ надходить до циклону 4, що також вкритий теплоізоляцією. Обертаючись в циклоні 4, газ під дією відцентрових сил звільняється від пилу і частинок сірки, які догорають завдяки збереженню високої температури газу (близько 400°C). Очищений сірчистий газ під дією розрідження надходить в камери змішування 12.

Деамонізовані конденсати або їхня суміш з барометричною водою насосом 11 подається в камеру відцентрово-струминної форсунки. Частина рідини надходить тангенціально уздовж внутрішньої поверхні вхідного патрубку і набуває максимального моменту обертання щодо осі камери закручування, а частина рідини, яка надходить в камеру радіально - уздовж внутрішньої поверхні - має нульовий момент обертання і рухається в центральній частині камери прямолінійно уздовж її осі. У результаті взаємодії закрученого і осьового потоків на виході з сопла формується заповнений конус розпилу рідини по всьому перетину камери змішування 12. Струмінь розпиленої рідини, взаємодіючи з газовою фазою, передає їй кінетичну енергію. У результаті інтенсивного тепло-і масообміну сірчистий газ практично миттєво охолоджується до температури рідини і поглинається нею з утворенням сульфід-іонів. У камері змішування 12 утворюється розрідження, яке забезпечує надходження сірчистого газу з печі 5 через циклон 4.

Отримана газорідинна суміш тангенціально надходить у корпус рідинно-струминного сульфідатора 2, де під дією відцентрових сил суміш розділяється на рідку й газову фази. Воду після сульфідатора 2 насосом 7 нагнітають в пароконтактний підігрівач 3, і далі, через збірник-гідрозатвор 7, направляють на дифузійний апарат 15. Далі сульфідована рідина подається на

наступні стадії обробки, а відпрацьований газ, практично не містить сірчистого ангідриду, видаляється в атмосферу.

В процесі переробки буряку поганої якості (підгнивший, підморожений та ін.) сульфітована вода із сульфітатора 2 попередньо поступає в мішалку 9, куди через дозатор 10 подають подвійний не амонізований суперфосфат або сірчаноокислий глинозем.

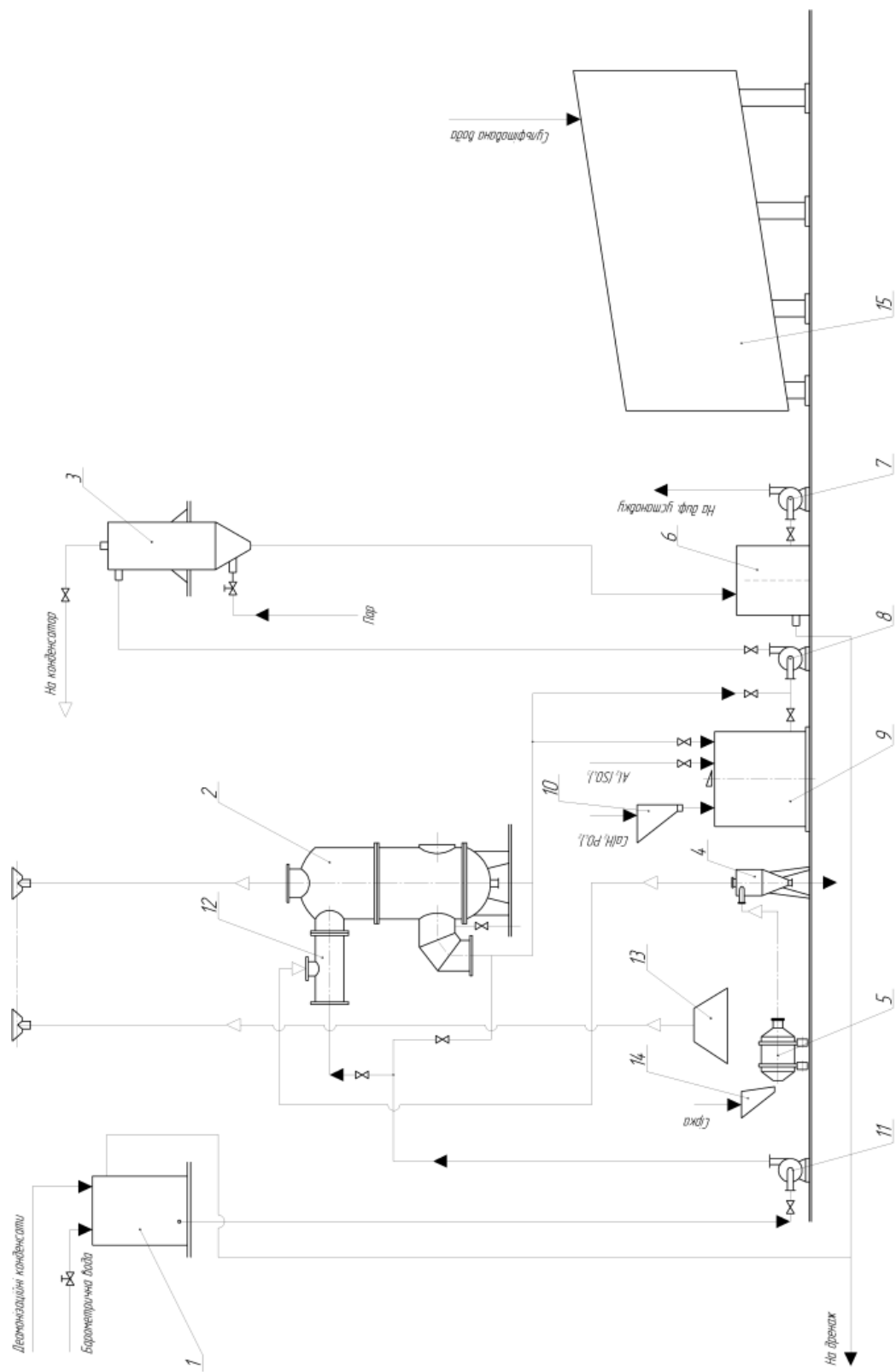


Рис. 5.3. Машино-апаратурна схема підготовки води на дифузю з її сульфитацією

1 — Збірник води; 2 — Сульфідатор; 3 — Пароконтактний підігрівач; 4 — Пароконтактний підігрівач; 5 — Циклонний доспалювач; 6 — Збірник води; 7 — Сульфідатор; 8 — Пароконтактний підігрівач; 9 — Пароконтактний підігрівач; 10 — Пароконтактний підігрівач; 11 — Циклонний доспалювач; 12 — Циклонний доспалювач; 13 — Циклонний доспалювач; 14 — Циклонний доспалювач; 15 — Циклонний доспалювач.

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

5.1. Визначення витрати продукту

Вихідні дані:

d — діаметр сопла відцентрово-струминної форсунки, $d = 0,42$ м

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

ρ — густина продукту, $\rho = 1060$ кг/м³;

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

$$P_0 = F_c \cdot u_n \cdot K_{\Pi} \cdot K_p, \text{ м/с} \quad (5.1.)$$

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

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

K_{Π} — коефіцієнт перекриття;

K_p — коефіцієнт витрати.

Площа поперечного перерізу сопла відцентрово-струминної форсунки (м²)

$$F_c = \frac{\pi d^2}{4} \quad (5.2.)$$

де d — діаметр сопла відцентрово-струминної форсунки, м

$$F_c = \frac{3,14 \cdot 0,42^2}{4} = 0,14 \text{ (м}^2\text{)}$$

Швидкість виходу продукту через сопло (м/с)

$$u_n = \sqrt{2gH_M} \quad (5.3.)$$

де g — прискорення сили тяжіння ($g = 9,81$ м/с²); H_M — тиск продукту перед отвором, м,

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ремінець ІС	Назва, додаткова назва Принцип роботи		222143.MP.04.001 ПЗ		
	Документ затверджено Якимчук МВ		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/11

$$H_M = \frac{P_p \cdot 10^6}{\rho g} \quad (5.4.)$$

де P_p — робочий тиск продукту перед соплом, МПа; ρ — густина продукту, кг/м³;

$$H_M = \frac{0,5 \cdot 10^6}{1060 \cdot 9,81} = 48 \text{ (м)}$$

$$\text{Тоді: } u_n = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 48} = 30,7 \text{ (м/с)}$$

Для сульфітаторів соку $K_{\Pi}=0,667$. Коефіцієнт витрати $K_p=0,65$.

$$\text{Отже, } P_0 = 0,14 \cdot 30,7 \cdot 0,667 \cdot 0,65 = 1,86 \text{ (м/с)}$$

5.2. Гідравлічний розрахунок технологічних трубопроводів і вибір насосу.

Розрахуємо всмоктувальний і нагнітальний трубопровід для перекачування не фільтрованого соку в І сатурацію.

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

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

$$\text{З цього рівняння: } H = Z_1 + Z_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h'_w + h''_w,$$

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 (І сатуратор);

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

Для розрахунку втрат напору визначимо діаметр труб.

Технічна продуктивність всмоктувальних і нагнітальних трубопро-

водів 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

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

Тоді діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000 \cdot 1,15 \cdot 180}{86400 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 0,8 \cdot 1,055}} = 0,29 \text{ м,}$$

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

$u=0,8$ м/с – швидкість руху соку в всмоктувальному трубопроводі;

$\rho=1,055$ т/м³ – густина не фільтрованого соку;

$k=1,15$ – коефіцієнт нерівномірності подачі соку;

$a=180\%$ до маси буряків – кількість перекачаного фільтрованого

соку.

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000 \cdot 1,15 \cdot 180}{86400 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 1,4 \cdot 1,055}} = 0,219 \text{ м,}$$

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

Приймаємо згідно ГОСТ 8732 – 78 діаметр всмоктувального трубопроводу $D_1=290$ мм, і діаметр нагнітального трубопроводу $D_2=219$ мм.

Втрати напору в всмоктувальному трубопроводі:

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

де $u_1=0,8$ м/с – швидкість руху соку;

λ_1 – коефіцієнт опору тертя, який визначається за формулою

Маннінга:

$$\lambda_1 = \frac{a}{\sqrt[3]{D_1}} = \frac{0,0125}{\sqrt[3]{0,29}} = 0,0188,$$

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:

$$\sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4,$$

$$\sum \zeta = 0,5 + 1 + 0,43 + 5,3 = 7,23,$$

де $\zeta_1 = 0,5$ – вхід в циліндричну трубу з гострими кромками під кутом 90° , [9];

$\zeta_2 = 1,0$ – 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
$$h_w' = \frac{0,8^2}{2 \cdot 9,81} (0,0188 \cdot \frac{4}{0,29} + 7,23) = 0,24 \text{ м,}$$

Втрати напору в нагнітальному трубопроводі:

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

де $u_2 = 1,4$ м/с – швидкість руху соку;

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

$$\lambda_2 = \frac{a}{\sqrt[3]{D_2}} = \frac{0,0125}{\sqrt[3]{0,219}} = 0,021,$$

де $l_2 = 10,51$ м – довжина трубопроводу;

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

$$\sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_1,$$

$$\Sigma \zeta = 20 \cdot 0,43 + 5,3 = 6,16,$$

де $\zeta_1 = 0,43$ – коефіцієнт місцевого опору плавного повороту на кут 90° труби, [9];

$\zeta_2 = 5,3$ – коефіцієнт опору стандартного вентиля з подільною стінкою під кутом 45° ;

Оскільки два поворота, то ζ_1 беремо двічі.

$$h_w'' = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,81} (0,021 \cdot \frac{10,51}{0,219} + 6,16) = 0,75 \text{ м},$$

$$\text{Тоді повний напір: } H = 2 + 10,51 + \frac{(0,5 - 0,3) \cdot 10^6}{1055 \cdot 9,81} + 0,24 + 0,75 = 32,8 \text{ м}.$$

За розрахованим напором H і заданою подачею $Q = 48,6$ л/с підбираємо по каталогу насос. Для заданих умов роботи підходить насос ПОНЦ1-50/32 виробництва ВО АРМХІММАШ, $\eta = 70\%$, $N = 11$ кВт,
 $n = 2900$ хв⁻¹.

5.3. Конструктивні розрахунки

Розрахунок і конструювання укріплюючого елемента

Визначимо товщину стінки апарата для чавуну за формулою

$$\delta_p = \frac{(P_n + \rho \cdot g \cdot H_p) \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \gamma - (P_n + \rho \cdot g \cdot H_p)} = \frac{(0,1 + 1070 \cdot 9,81 \cdot 0,9) \cdot 0,64}{2 \cdot 145 \cdot 10^6 \cdot 0,7 - (0,1 + 1070 \cdot 9,81 \cdot 0,9)} = 0,017 \text{ м},$$

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати $\delta_k = \delta_p + C = 0,017 + 0,001 = 0,0171$ м

де $C = 1$ мм – добавка на корозію.

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

Дійсний коефіцієнт міцності сосуда буде дорівнювати

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

Найбільший діаметр сосуда при якому стінки можна не укріплювати буде дорівнювати

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

Тобто, заданий отвір 0,22 м треба укріпляти.

Для патрубків вибираємо 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

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{k} = \frac{420}{3.8} = 110 \text{ Мпа}$$

Розрахункова товщина стінки патрубка буде дорівнювати

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

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати $\delta_k = \delta_p + C = 1,403 + 1 = 2,403 \text{ мм}$

де $C = 1 \text{ мм}$ – добавка на корозію.

Товщину стінки приймаємо по ГОСТ, беремо найближче більше значення, тоді остаточно $\delta = 0,004 \text{ м}$.

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

Укріплення стінки при отворі зробимо кільцем на зовні сосуда. Товщину кільця приймаємо рівною $\delta_k = 15 \text{ мм}$. Висоту частини патрубка, розміщеного нище внутрішньої твірної обичайки, приймаємо рівною $H_2 = 10 \text{ мм}$

Площу перерізу укріплюючих елементів знаходимо за формулою

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

Діаметр зони укріплення

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

Висота зони укріплення

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

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

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

Діаметр кільця знаходимо із рівності площ

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

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

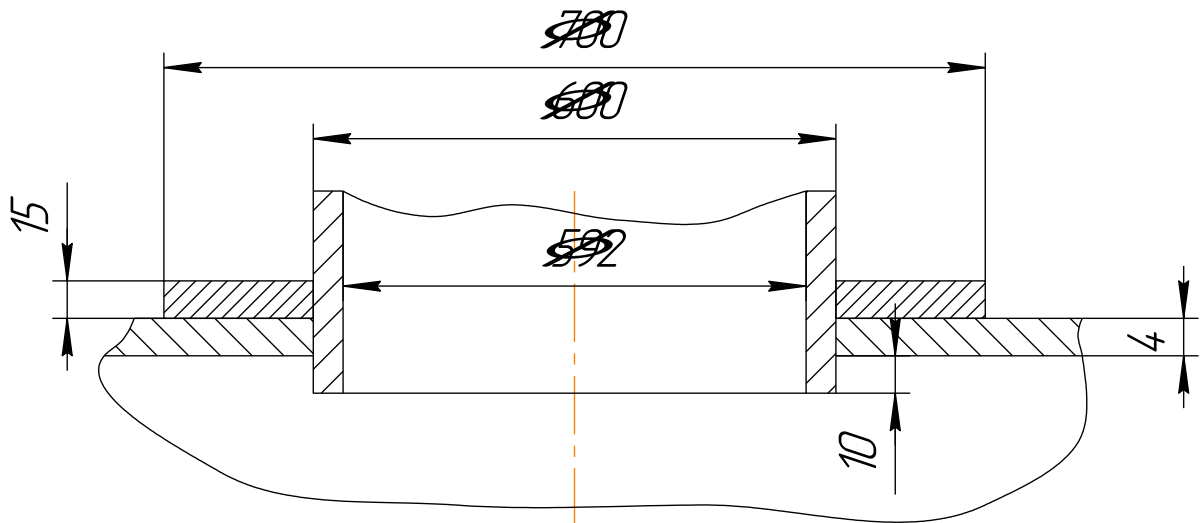


Рис. 1. Конструкція укріплення стінки сосуда

Розрахунок і конструювання фланцевого з'єднання.

Визначаємо конструктивні розміри фланця:

внутрішній діаметр фланця $D_\phi^e = D + 2 \cdot \delta = 2700 + 8 = 2708$ мм;

зовнішній діаметр приварної поверхні $D_3^n = D_\phi^e + 40 = 2708 + 40 = 2748$ мм;

діаметр болтового кола $D_o = \varphi \cdot D^{0,933} = 1,11 \cdot 2,7^{0,933} \cong 2,805$ м;

зовнішній діаметр фланця $D_\phi = D_o + a = 2805 + 40 = 2845$ мм;

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

$$b = 0,5 \cdot (D_3^n - D_8^\phi) = 0,5 \cdot (2748 - 2708) = 20 \text{ мм},$$

Приймаємо привалочні поверхні плоскими з двома рисками.

Приведена і ефективна ширина прокладки відповідно будуть дорівнювати

$$b' = 0,5 \cdot b = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ мм}$$

$$b_0 = 2,48 \cdot \sqrt{b'} = \sqrt{10} = 7,84 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр прокладки таким чином буде дорівнювати

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

В якості прокладочного матеріала 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

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

Навантаження на болти від затяжки визначаємо по формулі

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

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

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

Визначаємо допустиме навантаження на один болт

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

Визначаємо необхідну кількість болтів

$$n = \frac{Q_{\sigma}^p}{q_{\sigma}} = \frac{474220}{3611} \approx 132$$

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

$$n = \frac{\pi \cdot D_{\sigma}}{4 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 2,805}{4 \cdot 0,014} \approx 158$$

Приймаємо кількість болтів $n=160$.

Фланці виготовляємо із сталі Ст 3, для якої можна прийняти $[\sigma]=80$ Мпа. Тоді товщина фланця буде визначатись так

$$\begin{aligned} \delta &= 0,75 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot (D_{\sigma} - D_{\sigma}) \cdot D_{\sigma}}{n \cdot (\pi \cdot D_{\sigma} - n \cdot d_0) \cdot d_0 \cdot [\sigma_{\mu}]}} + 0,012 = \\ &= 0,75 \cdot \sqrt{\frac{474220 \cdot (2,805 - 2,708) \cdot 2,805}{140 \cdot (3,14 \cdot 2,708 \cdot 0,016) \cdot 0,016 \cdot 80 \cdot 10^6}} + 0,012 = 0,02 \text{ м} \end{aligned}$$

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

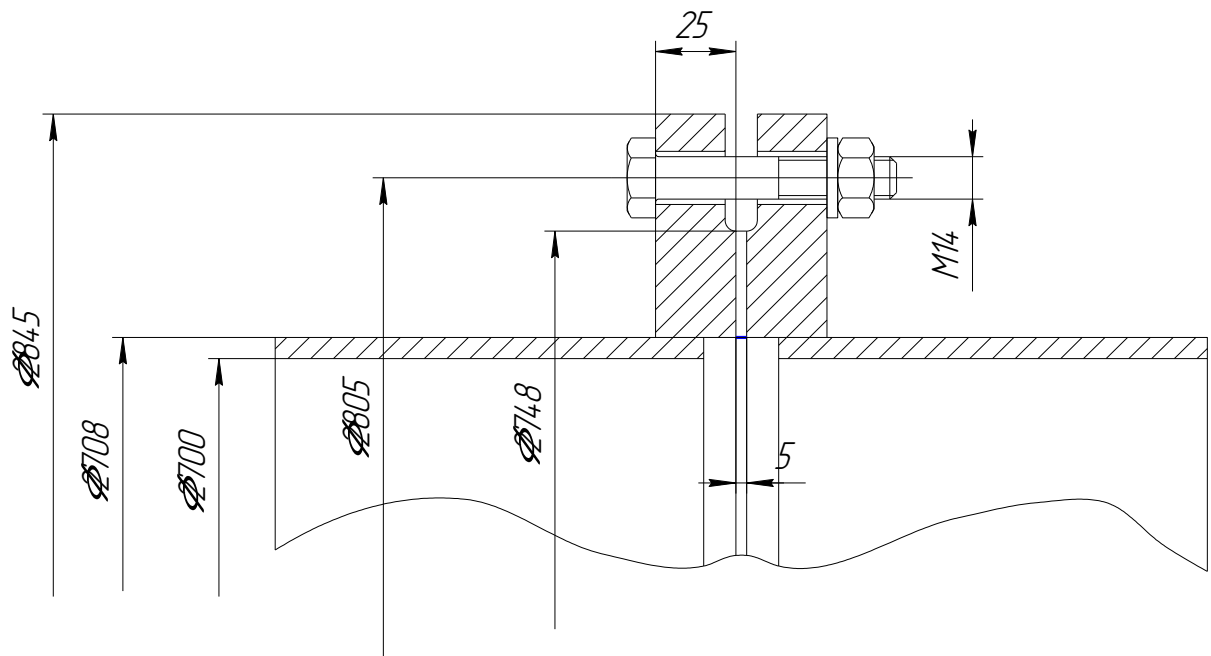


Рис.2 Конструкція фланцевого з'єднання

Розрахунок і конструювання опор апарата.

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

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

$$F \geq \frac{G_{\max}}{[\sigma_\phi]} = \frac{m \cdot g}{[\sigma_\phi]} = \frac{(m_{pid} + m_{an}) \cdot g}{[\sigma_\phi]} = \frac{(\rho \cdot V_{pid} + 0,25 \cdot \rho \cdot V_{pid}) \cdot g}{[\sigma_\phi]} = \text{м}^2$$
$$= \frac{(1000 \cdot 80,748 + 0,25 \cdot 1000 \cdot 80,748) \cdot 9,81}{0,7 \cdot 10^6} = 1,4$$

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

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

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

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

Гнучкість ребра знайдемо по формулі

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

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

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

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

де $[\sigma_{ш}] = 80 \cdot 10^6$ - допустима міцність зварного шву.

Тобто умова міцності виконується.

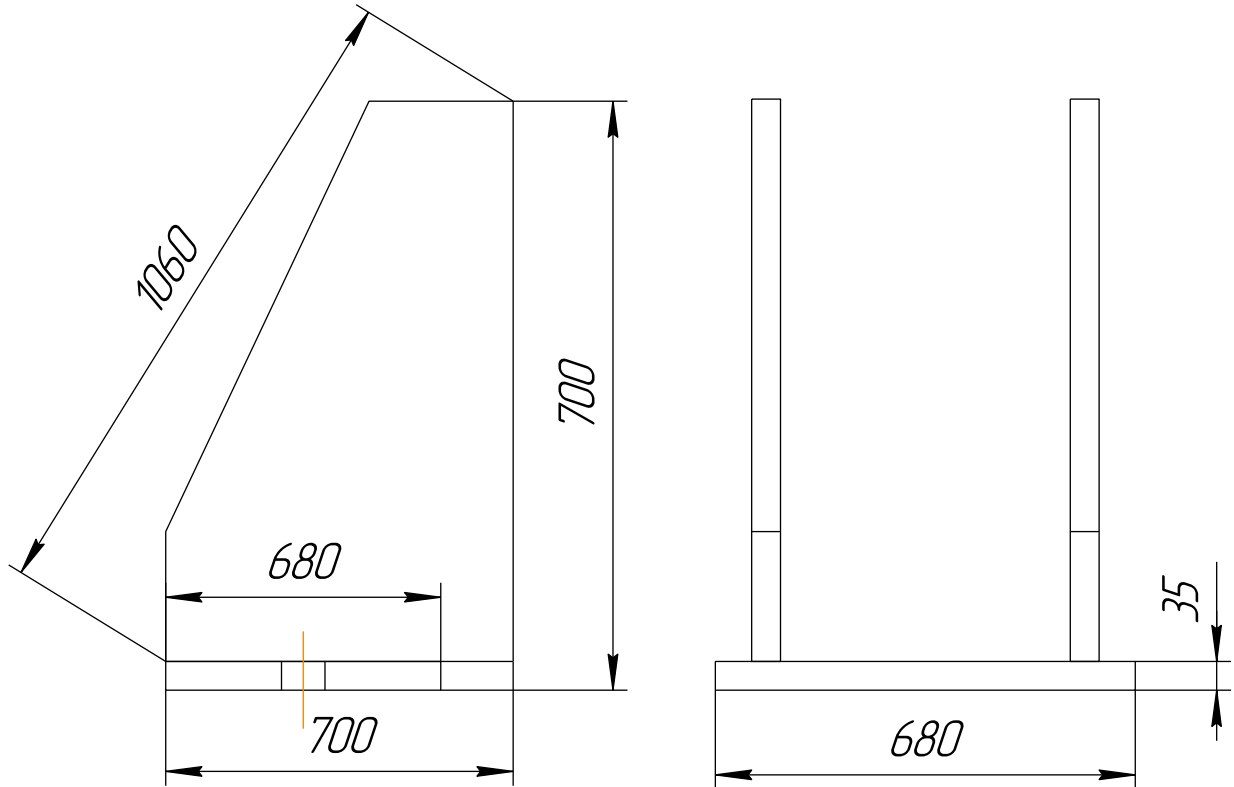


Рис. 3 Конструкція опор апарата

6 Підбір конструкційних матеріалів

Специфічні умови харчових виробництв: корозійно-активні харчові середовища, миючі і дезінфікуючі розчини, підвищена температура, висока швидкість протікання робочих середовищ, значні перепади тиску і т.д. визначають особливі вимоги до вибору матеріалів при конструюванні технологічного обладнання.

Однією з основних вимог до матеріалів, що використовуються для технологічного обладнання, являється їх висока корозійна стійкість. Також ці матеріали руйнуються під дією органічних середовищ: кондитерської, цукрової, виноробної, спиртової, хлібопекарної, м'ясної та молочної промисловості.

При виборі того чи іншого конструкційного матеріалу, що контактує з харчовим середовищем, необхідно враховувати токсичність матеріалу, а також дозвіл органів охорони здоров'я на його застосування при безпосередньому контакті з конкретним технологічним середовищем харчового виробництва; корозійну стійкість при довгій дії на матеріал реальних харчових середовищ, підвищених температур і тисків, а також миючих і дезінфікуючих розчинів; механічну міцність при виконанні необхідних робочих циклів деталей, вузлів і механізмів машини; технологічні властивості пресування, лиття, зварюваність і т.ін.); економічну доцільність.

Виходячи з цього можна сказати, що термін роботи апарату визначатиметься головним чином властивостями вибраних матеріалів, їх зносостійкістю. Саме тому одним із основних напрямів збільшення терміну служби та надійності роботи апарату є правильний вибір конструкційних матеріалів.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Пономаренко</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Ремінець ІС</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Принцип роботи</i>	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук МВ</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

В рідинно-струминевому сульфідаторі має місце безпосередня взаємодія з технологічними і харчовими середовищем, довготривала безперервна робота, абразивна дія домішків, агресивний вплив навколишнього середовища,

миючих та дезінфікуючих розчинів, підвищена температура, значні перепади тиску, а також інші специфічні умови, визначають особливі вимоги до вибору і призначення конструкційних матеріалів.

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

- Для корпусу, сепаратора та патрубку підведення двофазного середовища використовують чавун марки

- Для елементів ежекційного пристрою та днища з приварними лапами пропонується використання вуглецевих сталей марки Ст5, ГОСТ 380-50. Це маловуглецева сталь звичайної якості. Добре зварюється, штампується в холодному і гарячому стані, піддається витяжці. Застосовується без термічної обробки для зварених і штампованих деталей: корит верстатів, баків, кришок, кожухів, прокладок, ненавантажених валів і т.п. Сталь випускається у вигляді сортового і фасонного прокату, смуг і листів.

7 Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту

7.1. Монтаж.

Перед проведенням монтажу сульфідатор видаляють мастило, протираючи всі деталі бязью, змоченою уайт-спіритом, проводять огляд на відсутність тріщин, сколів, шляхів проникнення газів і рідини з корпусу сульфідатор в навколишнє середовище.

Сульфідатор і щит управління встановлюються на заздальгідь підготовлені майданчики на другому поверсі заводу, сульфідатор закріплюється болтами на металокопструкції. Після монтажу сульфідатор проводять монтаж трубопроводів, що зв'язує арматури і труби для виходу відпрацьованого газу з сульфідатор в атмосферу.

Після закінчення монтажу сульфідатор і трубопроводи покривають ізоляцією. Трубопроводи повинні мати індивідуальні підвіски, їх маса не повинна діяти на сульфідатор.

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

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Принцип роботи</i>	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

7.2. Експлуатація.

Робота рідинно-струминних сульфідаторів соку безперервна, цілодобова, обслуговування періодичне, робота без обслуговування допускається. Технічне обслуговування засобів автоматизації, їх налаштування і регулювання проводиться згідно вимог інструкції по монтажу та експлуатації заводів — виробників комплектуючих виробів.

На протязі сезону роботи цукрового заводу, необхідно періодично, один раз на тиждень, проводити зовнішній огляд сульфідатора і видаляти виявлені неполадки, а також виконувати очищення обладнання.

Технологічні параметри та основні вимоги до процесу сульфідатації

Значення рН сульфідованого соку 8,9 - 9,2

Значення рН сульфідованого сиропу 8,0 - 8,5

Значення рН клеровки перед сульфідатацією не нижче 7,2

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

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

Для ефективної роботи сульфідатації необхідно автоматичне регулювання процесу.

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

Пуск сульфідатійної установки в роботу

При включенні в роботу рідинно-струменевих сульфідаторів соку (сиропу) включають насос, відкривають вентиль і подають сік (сироп) в сульфідатор.

Розпалюють сірку в печі і включають її електропривод. В теплообмінну камеру сублиматор подають холодну воду і регулюють подачу необхідної

кількості сірчистого газу в сульфітатор. Перевіряють рН соку (сиропу з клеровкою) після сульфитації.

При сталому режимі і досягненні заданого значення рН переводять роботу сульфитаційної установки в автоматичний режим. У разі ручного управління роботу сульфитаційної установки регулюють інтенсивністю спалювання сірки в печі.

Правила ведення процесу сульфитації

Сульфитацію здійснюють при рівномірному потоці соку (сиропу і клеровки).

При веденні процесу контролюють рН сульфитованого соку (сиропу з клеровкою).

Стежать за інтенсивністю горіння сірки в печі.

При стійкому зниженні рН сиропу нижче 8,0 або підвищенні понад 8,5 уточнюють оптимальне рН соку II сатурації

Зупинка сульфитаційної установки

Припиняють подачу соку (сиропу і клеровки) в сульфитатор.

Припиняють горіння в сірчистій печі.

Вимикають воду, що надходить в сублиматор.

Відкривають спускний вентиль для остаточного спорожнення сульфитатора.

Таблиця 8.1. Характерні несправності сульфитатора та способи їх усунення:

Несправність	Причина	Спосіб усунення
1	2	3
Знизилась, продуктивність, при чому тиск на виході нормальний.	Забився отвір диска га входу.	Зняти диск, очистити отвір.
Відсутня подача соку.	Не качає насос.	Ввімкнути інший насос.
Просочення рідини в місцях роз'ємних з'єднань.	Недостатнє ущільнення вказаних з'єднань.	Підтягнути болти, замінити прокладки.
Заслінка подачі газу відкрита,	Низька концентрація	Збільшити

низький рівень рН.	сірчистого ангідриду в газі	кількість спаленої сірки.
--------------------	-----------------------------	---------------------------

Продовження таблиці 8.1.

1	2	3
Знизився тиск стисненого повітря	Не працює компресор	Перейти на ручне управління.
	Витікання повітря в нагнітаючій комунікації	Знайти місце витікання газу.

7.3. Ремонт.

При ремонті здійснюються повне розбирання і очищення сульфідатор і його деталей (сопла, арматури). Засоби КВП ремонтуються згідно з інструкціями заводу виробника.

Після 2-3 сезонів роботи проводиться капітальний ремонт, при якому крім звичайних ремонтних робіт проводяться заміна прокладок на кришці і царгах апарату, посилений ремонт вентилів із заміною деталей і повна заміна вентилів.

8. Технологія складання ежекційного апарата

8.1. Загальна інформація

Складання машин — технологічний процес утворення з'єднань складових виробу (поєднання, координування і фіксація деталей у вузли, а вузлів у машину).

У результаті складання досягається необхідне взаємне розташування деталей, що поєднуються, відносна рухомість або нерухомість елементів, що сполучаються, і міцність конструкції.

Будь яка машина складається з окремих частин, з яких найпростішою є деталь (елемент), що не має ніяких з'єднань. Сукупність декількох деталей, що з'єднані і скріплені між собою і представляють самостійну частину машини, називається вузлом. Залежно від конструкції і числа деталей у вузлі вони можуть бути різної складності.

Деталь або вузол, з якого починається складання, називається базовою деталлю або базовою групою. Базова деталь визначає положення всіх інших складальних одиниць. Щоб полегшити процеси складання, використовують технологічні схеми складання, на яких умовно зображена послідовність процесу.

8.2. Розроблення схеми складання та технологічного маршруту складання виробу

Для розробки схеми складання та технологічного маршруту я обрав ежекційний апарат (рис.1), який використовують для змішування газу та рідини.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> Принцип роботи	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12

Він працює таким чином: сік із збірника перед сульфитатором подається насосом на вхід до камери змішування 1 під тиском до 0,5 мПа (5 кгс/см²). При виході з сопла 4 відцентрово-струминної форсунки 5 у вигляді розпиленого струменя до камери змішування 1, сік контактує з сірчистим газом, який поступає до камери змішування внаслідок ежекційної дії струменю рідини.

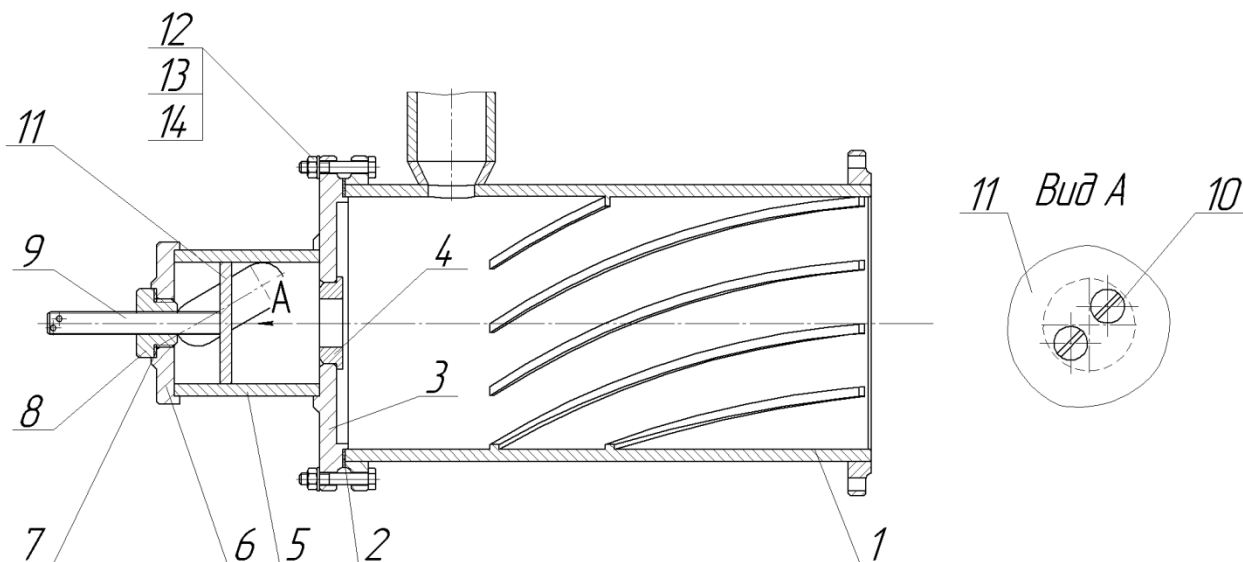


Рис. 8.1. Ежекційний апарат

З камери змішування двофазний потік газ — рідина поступає до сепаратора де проходить додатковий масообмін між фазами, а також сепарація рідини від відпрацьованого газу.

Комплектацію у вигляді подетального складу ежекційного апарата подано у табл. 1.

Подетальний склад ежекційного апарата Таблиця 8.1.

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Камера змішування	1
2	Ущільнення	1
3	Фланець	1
4	Сопло	1
5	Корпус форсунки	1
6	Кришка	1
7	Ущільнення	1
8	Гайка	1

9	Шток	1
10	Гвинт М10×38	2
11	Диск	1
12	Болт	8
13	Шайба 12	8
14	Гайка М20	8

З аналізу конструкції ежекційного апарата (рис.1) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: Ск.1 – камера, Ск.2 – форсунка, окремих деталей – ущільнення 2, корпус форсунки 5, а також окремі стандартні деталі болти 12, шайби 13 і гайки 14.

Схема складання ежекційного апарата представлена діаграмою на рис.2.

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми – послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Застосовані також умовні позначення, що містять технологічні вказівки: Сс – складання на столі; З – зварювання; Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. – фарбування.

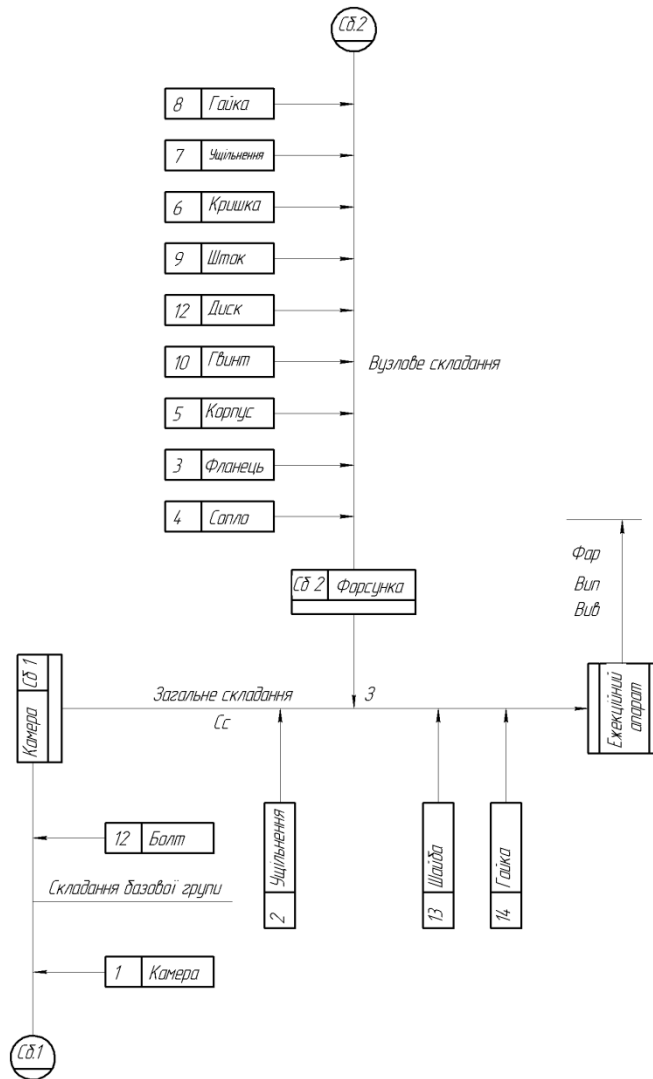


Рис. 8.2. Технологічна схема складання ежекційного апарата
 Технологічний маршрут складання ежекційного апарата полягає у описанні короткого змісту операцій з переходами (таблиця 2).

Таблиця 8.2.

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання ежектора (Ск. 1)	10.1 Установити корпус на складальному столі 10.2. Очистити отвори від стружки 10.3. (3-9) Вставити болти 12в отвір 10.10. Установити ущільнення
20. Збирання поршня (Ск. 2)	20.1. Очистити отвори фланця від стружки 20.2. Встановити сопло в фланець 20.3. Встановити корпус форсунки у фланець 20.4. Зєднати диск на шток за допомогою гвинтів М10 20.5. Вставити ущільнення в кришку 20.6. Вкрутити гайку в кришку

	20.7. Вкрутити шток у гайку 20.8. Вставити кришку із з'єднаними деталями до корпусу форсунки 20.9. Встановити фланець на камеру змішування 20.(10-17). Установити шайби 13 на болти 12 20.(18-25). Закрутити гайки 14 на болтах 12 20.26. Зварити зєднання фланця і форсунки
30. Контрольна	30.1. Проконтролювати роботу циліндра під тиском
40. Фарбування	40.1 Пофарбувати виріб
50. Консервація	50.1. Нанести захисне покриття

8.3. Розрахунок надійності штоку при експлуатації

Визначимо ймовірність безвідмовної роботи штоку ежекційного апарата та проаналізуємо надійність його роботи.

За робочим кресленням штоку знаходимо геометричні розміри, необхідні для користування таблицями: d_1 – діаметри штоку, мм. За довідником знаходимо для матеріалу валу границю міцності при розтягу $\sigma_{вр}$, МПа.

Як приклад, проведем розрахунок ймовірності безвідмовної роботи штоку для критичного перерізу I-I, у якого: $d_1 = 20$ мм,. З довідника знаходимо для сталі 45 значення $\sigma_{вр} = 700$ МПа, а з технічної документації на вузол з'ясуємо, що значення згинаючого та крутного моментів: $M_{зг} = 70$ Н·м; $M_{кр} = 50$ Н·м. Розподіл моментів підпорядковується нормальному закону.

Шляхом інтерполяції знаходимо ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні вала для галтелі при вала при $\sigma_{вр} = 700$ МПа

$$K_{\sigma} = 2,71; K_{\tau} = 1,52.$$

Масштабний фактор при згинанні та крученні штоку визначаємо за табл. 4 за величиною його діаметра. Для нашого прикладу $d_1 = 20$ мм коефіцієнти рівні:

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,89; \varepsilon_{\tau} = 0,8.$$

Середні значення амплітуд напружень при згинанні та крученні для штоку за формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_2^3} = \frac{32 \cdot 70 \cdot 10^3}{\pi (20)^3} = 90 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{0,2d_2^3} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,2(20)^3} = 31 \text{ МПа},$$

де - $W_{зг}$, $W_{кр}$ - момент опору при згинанні та крученні в критичному перерізі валу, мм³.

Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні штоку становить відповідно:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \sigma_u} = \frac{280}{\frac{2,68}{0,89} 90} = 1,03;$$

$$n_{\tau} = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,62}{0,8} 31} = 4,46;$$

где $\sigma_{-1} = 280$ МПа, $\tau_{-1} = 140$ МПа – границі витривалості матеріалу штоку (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні (довідникові дані).

Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 \cdot n_{\tau}^2}} = \frac{1,03 \cdot 4,46}{\sqrt{1,03^2 \cdot 4,46^2}} = 4,5938.$$

Середнє квадратичне відхилення амплітуд напружень

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{зг}}{3} = \frac{0,71 \cdot 90}{3} = 21,3 \text{ МПа}, \text{ де } A = \frac{M_{кр}}{M_{зг}} = \frac{50}{70} = 0,71.$$

Коефіцієнт варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{зг}} = \frac{21,3}{90} = 0,237.$$

Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд $v_a = 0,3$. Знаходимо за графіком ймовірність відмови. Враховуючи співвідношення між

ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$P(t) = 99,9999999999$$

Одержаний показник свідчить, що вал має високу експлуатаційну надійність.

8.4. Розроблення структурної схем сертифікації елементу обладнання

Об'єктом сертифікації може бути як вузол, так і окрема деталь.

Враховуючи одиничний характер виробництва спроектованого обладнання, а, значить, і обраного вузла, обираємо модель сертифікації для продукції, що випускається одинично без видачі сертифікату відповідності. Номер моделі 1.

За цією моделлю визначаємо обов'язковість проведення робіт щодо виробів, які сертифікуються:

- обстеження виробництва – не проводиться;
- випробування з метою сертифікації - проводяться по кожному виробу;
- технічний нагляд за виробництвом - не проводиться.

Відповідно до ДСТУ 3413-96 (Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції.) Порядок проведення сертифікації продукції в загальному випадку містить такі пункти:

- 1) подання та розгляд заявки на сертифікацію продукції;
- 2) аналіз наданої документації;
- 3) прийняття рішення за заявкою із зазначенням схеми (моделі) сертифікації;
- 4) обстеження виробництва;

- 5) атестацію виробництва продукції, що сертифікується, або сертифікацію системи якості, якщо це передбачено схемою сертифікації;
- 6) відбирання, ідентифікацію зразків продукції та їх випробування;
- 7) аналіз одержаних результатів та прийняття рішення про можливість видачі сертифіката відповідності;
- 8) видачу сертифіката відповідності, укладання ліцензійної угоди та занесення сертифікованої продукції до Реєстру Системи;
- 9) визнання сертифіката відповідності, що виданий закордонним органом;
- 10) технічний нагляд за сертифікованою продукцією;
- 11) інформацію про результати робіт з сертифікації.

Заява на проведення сертифікації є типовою і подається за наступною формою.

ДОДАТОК Б
(рекомендований)

Форма заявки на проведення сертифікації продукції
Назва органу з сертифікації продукції, адреса*

ЗАЯВКА
на проведення сертифікації продукції в Системі УкрСЕПРО

1 _____
(назва підприємства-виробника, постачальника (далі — заявник), адреса, код ЄДРПОУ)

в особі _____
(прізвище, ім'я, по батькові керівника та його посада)

заявляє, що _____
(назва продукції, код ОКП)

виготовлена у вигляді виробу одноразового виготовлення, виготовлена у вигляді партії в кількості _____, випускається серійно** за
(шт., т, м², м³ та ін.),

_____ (назва та позначення нормативного документа виробника)

відповідає вимогам _____
(позначення та назви нормативних документів)

і просить провести сертифікацію цієї продукції на відповідність вимогам зазначених нормативних документів за правилами Системи УкрСЕПРО.

2 Випробування з метою сертифікації прошу провести в _____
(назва акредитованої в Системі

УкрСЕПРО випробувальної лабораторії та її адреса. У разі відсутності відомостей, цей пункт не наводиться)

3 Заявник зобов'язується:

— виконувати усі умови сертифікації;

— забезпечувати стабільність показників (характеристик) продукції, що підтверджені сертифікатом відповідності;

— сплатити всі витрати за проведення сертифікації.

4 Додаткові відомості _____

Керівник підприємства _____
(підпис, ініціали та прізвище)

Головний бухгалтер _____
(підпис, ініціали та прізвище)

М.П.

Дата

* У разі відсутності органу з сертифікації продукції заявка подається до Держстандарту України.

** Вноситься потрібне.

(Змінена редакція, Зміна № 2)

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

Форма рішення за заявкою на проведення сертифікації продукції
(в разі відсутності акредитованого органу з сертифікації)

ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ

РІШЕННЯ

№ _____ від « ____ » _____ 200__ р.
за заявкою(ами) на проведення сертифікації продукції в Системі УкрСЕПРО

_____ (назва управління Держстандарту України)
розглянувши заявку(и) _____ (назва підприємства-виробника/постачальника продукції)
_____ на сертифікацію у Системі УкрСЕПРО _____
(далі — Заявник), адреса, код ЄДРПОУ)

_____ (назва продукції)

ВИРІШИЛО:

1 Дозволити _____ (назва організації, якій доручається проведення)
_____ робіт — далі призначеної організації)

провести сертифікацію _____
яка випускається серійно (одноразово та ін.) _____ (назва виробника та постачальника)

2 Відбір зразків та ідентифікацію продукції покласти на _____ (назва призначеної організації)

3 Сертифікацію провести на відповідність вимогам _____ (позначення та
_____ назви нормативних документів)

4 Схема (модель) сертифікації міститиме (непотрібне викреслити):

- обстеження виробництва;
- атестацію виробництва продукції, що сертифікується;
- сертифікацію системи якості продукції, що сертифікується;
- випробування продукції з метою сертифікації;
- технічний нагляд.

5 Випробування продукції з метою сертифікації провести в _____ (назва випробувальної
_____ лабораторії (центру), акредитованої в системі, та її адреса), акредитованої(му) на
технічну компетентність або на технічну компетентність і незалежність атестат акредитації

6 Як виняток, надати право підпису сертифіката відповідності на продукцію

_____ (прізвище керівника призначеної організації)

7* Технічний нагляд за сертифікованою _____
 (назва продукції)

покласти на _____
 (назва призначеної організації або центру стандартизації, метрології та сертифікації)

Періодичність та форми проведення технічного нагляду встановлюються в програмі, яка розробляється _____
 (назва призначеної організації)

8 Роботи з сертифікації проводяться на підставі господарського договору.

Начальник функціонального управління
 Держстандарту України

 (підпис, ініціали та прізвище)

* Пункт включається за необхідності.

Спираючись на аналіз конструкції виробу та умови його роботи, визначаємо шифр виробу як 2211, що означає, що виріб відноситься до відновлювальних виробів, які експлуатуються до відмови або до досягнення граничного стану у безперервному режимі роботи та з наявністю відмови в якості домінуючого чинника наслідків відмови. Це дозволяє виявити нормовані показники надійності для виробу: T_0 (T_{cp}) та T_γ .

Основними показниками, які необхідно перевірити при іспитах виробу є механічні та геометричні показники (відповідність розмірам, допускам та посадкам, тощо).

Для контролю обраних характеристик виробу застосовуємо наступні прилади: твердоміри HRA-1; мікрометр гладкий цифровий МКЦ 50 з діапазоном вимірювання 25...50 мм і ціною поділки шкали 0,001мм; приладом для контролю шорсткості поверхні слугує індикаторний глибономір И402 або И405 тощо.

9. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування.

Фільтрований сік II сатурації та суміш сиропу з клеровкою для знебарвлення та зниження в'язкості підлягають обробці в сульфідаторах газом, що містить 12—14% сірчистого ангідриду. (SO₂). Оптимальна лужність сульфітованого соку та сиропу при цьому складає 0,005% СаО до маси буряку, що відповідає рН близько 7,5.

Основною проблемою автоматичного регулювання значення рН є малопристосованість сіркоспалювальних печей типу БВЯ до автоматизації.

Досвід деяких підприємств показує, що можливе застосування модернізованих конструкцій сіркоспалювальних печей, яке полягає в тому, що в камері плавлення даної печі сірка плавиться спеціальним нагрівальним елементом та через форсунку поступає до камери згорання. Регулювання рН соку здійснюється за рахунок зміни подачі стисненого повітря до форсунки, що змінює величину подачі розплавленої сірки в камеру змішування і, тим самим кількість газу до що поступає до сульфідатора.

На (Рис. 7.1.) показана схема автоматизації сульфідатора соку з використанням печі типу БВЯ.

Значення рН сульфітованого соку вимірюється високоточним перетворювачем ПВУ-2556 1г з датчиком 1д зануреного (ДПг-5274) чи проточного (ДПр-5215) типів. Імпульс з перетворювача (0—50 мВ) подається на електронний потенціометр СПД 2, пневматичний імпульс з якого через байпасну панель дистанційного управління 1в поступає на регулюючий клапан 1е, що змінює випуск газу в атмосферу. В якості регулюючих клапанів потрібно використовувати гумові (наприклад, шлангові) або з нержавіючої сталі (наприклад, КЯ). Це пов'язано з агресивністю середовища. Вміст SO₂ в сірчистому газі контролюється газоаналізатором ГЄД-У3 із

вдобрним приладом 2а. Температура сірчистого газу на виході із субліматора

Відповідальна організація НУХТ регулюється		Технічне узгодження Пономаренко		Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа	
Власник документа НУХТ		Розробник документа Ремінець ІС		Назва, додаткова назва Принцип роботи		222143.MP.04.001 ПЗ	
		Документ затверджено Якимчук МВ		Інд. змін.		Дата видання	
				Мова UA		Аркуш 1/5	

за рахунок зміни подачі води (4 — електронний міст ЄМД з пневмовиходом, 4 б — байпасна панель, 4е — термометр опору).

Регулювання подачі соку на сульфітатор здійснюється в залежності від рівня сульфітаційного соку в збірнику. Зміна рівня в цьому збірнику здійснюється п'єзометричним способом, для чого використовується регулятор витрати повітря РРВ-1 2в і дифманометр ДМ 2б. диферинціально-трансформаторна котушка дифманометра ввімкнута на вихід вторинного приладу ЄПІД 1, який через байпасну панель 1а управляє клапаном 1е, змінюючи при цьому подачу соку на сульфітатор в залежності від рівня в збірнику.

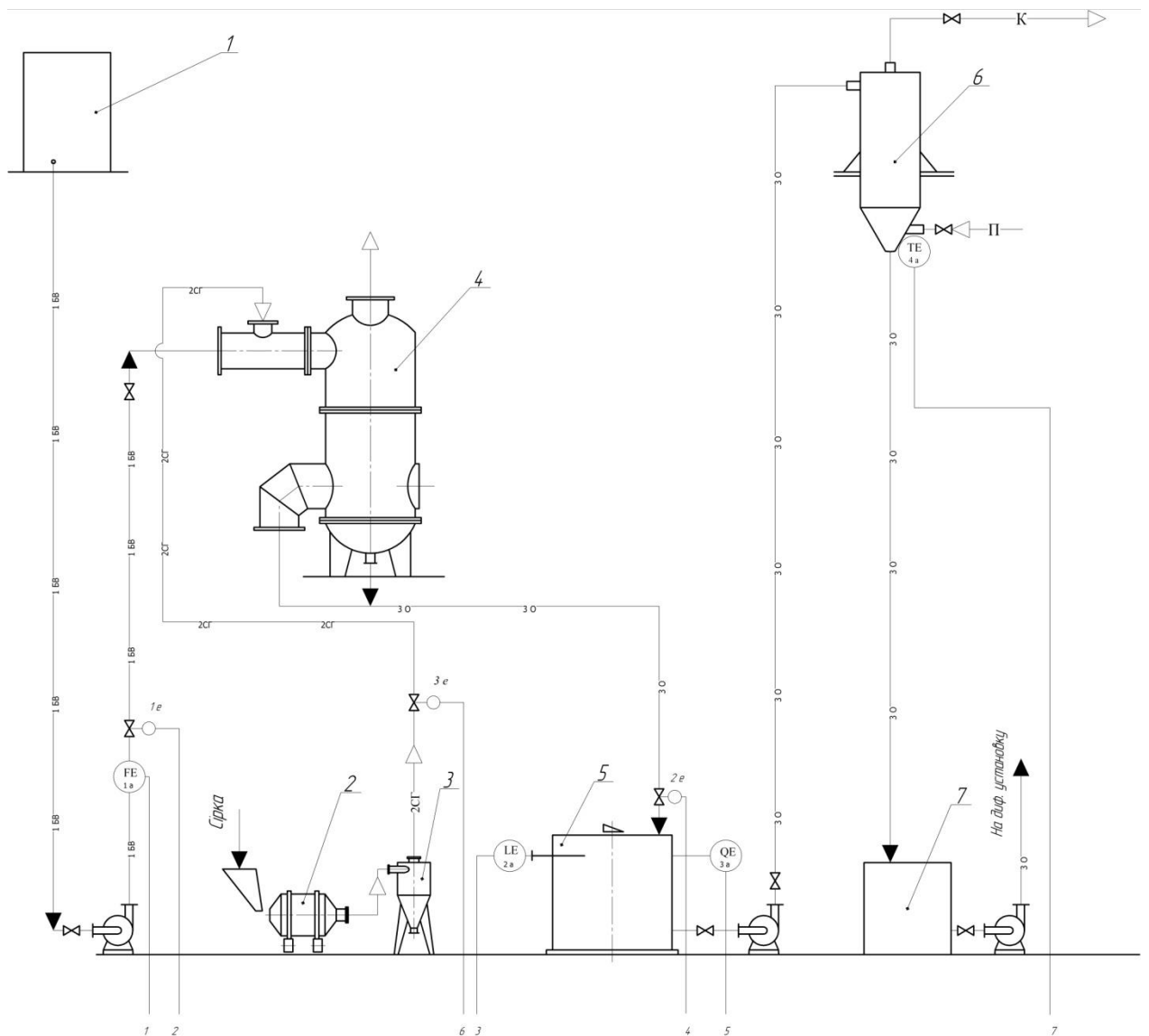


Рис. 9.1. Схема управління сульфитацією

Но- мер пози- ції	Пара- метр, середо- вище, місце відбору сигналу	Гранич- не значен- ня парамет- ра	Місце встано- в-лення	Найменування приладів	Тип. Завод виго- тівельник	Кіль- кіст ь
1	2	3	4	5	6	7
1г, 2г	Концен трація		На щиті	Вторинний пневматичний, показу вальний, самописний прилад із вбудованою станцією керування	ПВ10.19. Тизприлад, м. Москва	2
1д, 2д	Концен трація		На щиті	Комплект рН-метра у комплекті з електропневмоперет ворювачем.	РН-261, ЕПП-63. Завод вимірюваль- них приладів, м. Гомель	2
3г	Концен трація			Вторинний пневматичний, показу вальний, самописний прилад із вбудованою	ПВ10.19. Тизприлад, м. Москва	1

				станцією керування		
3д				Комплект рН-метра у комплекті з електропневмоперет ворювачем	РН-261, ЕПП-63. Завод вимірюваль них приладів, м. Гомель	1
3а				П'єзометричний датчик	5РИМ. Завод вимірюваль них приладів, м. Таллін	1
3в			На щиті	Регулятор витрати повітря		
3б			На місці	Дифанометр	ДМ	
2а	Концен трація			Газоаналізатор ГЄД-УЗ		
2б	Концен трація		На місці	Відбірний прилад		1
2в	Концен трація		На щиті	Показуючий пристрій		
4а	Темпер атура		За місцем	Термометр опору мідний	ТСМ-5071. Львівприла д, м. Львів	1
4б	Темпер атура		На щиті	Логометр показувальний		

1е, 2е, 3е			За міщем	Мембранний виконавчий механізм	МИМ200- 111-143011	3
------------------	--	--	-------------	--------------------------------------	-----------------------	---

10. Заходи по охороні 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» є основною законодавчою базою охорони праці. Їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці – це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами і працівниками України.

Інструктажі та навчання

Навчання безпеки в продуктовому відділенні цукрового заводу починається з ввідного інструктажу, який проводить інженер з охорони праці. Проведення інструктажу реєструється в журналі, який зберігається протягом 35 років. Всі інші інструктажі проводяться безпосередньо керівниками робіт.

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником або працівником, який буде виконувати нову для нього роботу. Він проводиться індивідуально або з групою осіб спільного фаху за програмою, складеною з урахуванням вимог відповідних інструкцій з охорони праці та проводиться одноразово.

У данному випадку первинний інструктаж проводиться з персоналом по інструкціях з охорони праці для конкретного видів робіт, а саме:

- Інструкція з охорони праці при роботі з сульфітаційним апаратом;

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Принцип роботи</i>	222143.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/10

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

Повторний (плановий) інструктаж проводить майстер на робочому місці з встановленою для даного виробництва і виду робіт періодичністю. Ця періодичність не повинна перевищувати шести місяців на звичайних робочих місцях і трьох місяців на роботах з підвищеною небезпекою. Повторний інструктаж реєструється в журналі повторних інструктажів на робочому місці. Він проводиться по тих же інструкціях що і первинний.

Позаплановий інструктаж проводиться майстром індивідуально або з групою робітників однієї професії. Він проводиться при зміні правил охорони праці, технологічного процесу, порушення 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

Рослідження нещасних випадків на виробництві проводиться згідно «Порядку проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» затвердженого Постановою

КМ України 30.11.2011р № 1232.

Сукупність травм на підприємстві складає виробничий травматизм. Існують нещасні випадки пов'язані з виробництвом і не пов'язані з ним. Для аналізу виробничого травматизму застосовуються три основних методи: статистичний, монографічний і економічний.

Коли у відділенні сульфітаційних установок трапляється нещасний випадок, потерпілий або очевидці повинні повідомити начальника або власника підприємства, який організовує комісію по розслідуванню. До її складу входять: інженер по охороні праці, начальник цеху, представник профспілок та страховий експерт з охорони праці Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві. Комісія працює на протязі 3-х робочих днів та складає акт за формою Н-5, а якщо пов'язаний з виробництвом – Н-1 на кожного потерпілого. Якщо травма виявилася важкою або сталася з групою працівників, або стався нещасний випадок із смертельним наслідком, рішення про створення комісії зі спеціального розслідування приймає територіальний орган Держгірпромнагляду за місцем настання нещасного випадку.

Шкідливі та небезпечні фактори

Небезпечні та шкідливі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. До небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що мають місце у відділенні сульфітаційних установок належать фізичні: рухомі машини та механізми, пересувні частини виробничого устаткування, підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони, підвищена температура поверхонь устаткування, матеріалів чи повітря робочої зони, підвищений рівень шуму, вібрацій, небезпечне значення напруги в електричному колі, підвищена напруженість електричного чи магнітного полів. Також наявні психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а саме: фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Мікроклімат

Нормальне теплове самопочуття людини під час виконання будь-якої роботи може бути досягнуто за певної комбінації таких параметрів повітря: температурою °С – (17...19°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 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Норми мікроклімату встановлюються в залежності від періоду року та категорії робіт. Періоди року поділяються на теплий і холодний (середньодобова температура > +10 °С та < -10 °С відповідно до сезону).

У відділенні сульфітаційних установок, допускаються такі оптимальні параметри:

- температура повітря 17...24 °С;
- відносна вологість 40...60 %;
- швидкість руху повітря 0,2 м/с.

Проходи і робочі місця у приміщенні потрібно тримати в чистоті, не допускаючи загромождження 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, що забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища в усьому об'ємі робочої зони приміщення. Вона також застосовується для видалення надлишкового тепла. Місцеві відсмоктувачі встановлені над сульфітаційними установками для видалення шкідливих речовин.

Припливно-витяжна вентиляція повинна забезпечувати восьмикратний обмін повітря. Вентиляційні установки необхідно заземлити. Обладнання та матеріали вентиляційних систем повинні бути виготовлені у вибухо-пожежо безпечному виконанні.

Заходи безпеки при експлуатації сульфітатора

Перед початком виробництва цукру сульфітатори і підвідні трубопроводи повинні перевірятися на герметичність.

Сульфітатори повинні бути обладнані витяжною трубою для видалення відпрацьованого газу. Труба повинна бути виведена в атмосферу на 2 м. вище коника даху на величину, що забезпечує ступінь розсіювання газу до допустимої концентрації, передбаченої ГОСТ 12.1.005.

Установка запірних пристроїв на витяжній трубі не допускається.

Конструкція і виконання сульфітаційної установки повинна виключати проникнення сірчистого газу в зону обслуговування.

Сульфатаційні установки повинні виготовлятися з матеріалів, стійких до дії сірчистої кислоти.

Сульфітатори, що працюють на рідкому сірчистого ангідриду, повинні комплектуватися випарником сірчистого ангідриду.

У нижній частині для видалення рідини, сульфітатори повинні бути обладнані спускними штуцерами.

У конструкції сульфітатор повинні бути передбачені люки - лази.

Для установки і зняття кришок повинні передбачатися скоби.

Все обладнання повинно бути заземлене.

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.

В денний час максимально використовується природне світло, яке поступає в приміщення через вікна, а при необхідності через освітлювальні ліхтарі і дах. Для знаходження необхідної природної освітленості на робочих місцях враховується глибина приміщення, площа підлоги, вікон та ліхтарів, їх

затінювання сусідніми будівлями. Робочі місця, які в денний час не мають можливості освітлюватися природнім світлом, повинні освітлюватися штучним. Штучне освітлення розподіляється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне.

Для забезпечення освітлення в темну частину доби використовуються

ліхтарі з люмінесцентними лампами або лампами розжарювання. Перші

використовуються для загального освітлення, а другі – для місцевого і аварійного. Ліхтарі з лампами розжарювання встановлюються для освітлення місць, де встановлені вимірювальні прилади, щити та пульти управління.

Шум і вібрація

Основна ціль нормування шуму у відділенні сульфітаційних установок – встановлення допустимих рівнів шуму, які при щоденному впливі протягом всього робочого дня і протягом багатьох років не можуть викликати суттєвих захворювань організму людини і не заважають його 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 є багато електричних приладів, які мають велику потенційну небезпеку для робітників, тому забезпечення електробезпеки є однією з головних задач, яка стоїть перед службою охорони праці на підприємстві.

Основні заходи для забезпечення електробезпеки, що проводяться на підприємстві: встановлення захисних огорож, щоб уникнути доторкання до струмоведучих частин; заземлення всіх металевих неструмоведучих конструкцій електричного обладнання; застосування системи захисного відімкнення електричного струму живлення у разі замикання на корпус

електродвигунів приводу машини, або їх перевантаження; всі електричні щити живлення мають бути закриті захисними коробками; ремонт та профілактика машини здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення; усі машини цеху, що живляться змінною напругою 220/380 В обладнуються 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, будівельні споруди виконані з неспалимих матеріалів, монтаж електричного обладнання та електропроводки виконані у відповідності з правилами пожежної безпеки. Будівля побудована не нижче II ступеня вогнестійкості. Запобіганню пожежам сприяє герметизація виробничого обладнання, контроль за концентрацією речовин у повітрі в приміщеннях і технологічному обладнанні, застосування робочої та аварійної вентиляції. Важливе значення має 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 гасіння пожежі в початковій стадії застосовують вогнегасники головним чином вуглекислотні, перевагою яких є висока ефективність збереження електрообладнання. В корпусах будівлі передбачені протипожежні крани з рукавами, пінні вогнегасники, пісок, щити з пожежним інвентарем. Навколо продуктового відділення встановлено 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:

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

$$Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} = 35 \cdot 2 + 10 = 80 \text{ л/с;}$$

$$Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}} = 25 \cdot 2 + 10 = 60 \text{ л/с.}$$

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

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

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

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

Повна витрата води на гасіння пожежі за 3 год.:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}} = 864 + 0,5 \cdot 648 = 1188 \text{ м}^3$$

Витрата води на пожежогасіння за 1 год.:

$$Q_{\text{пож}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3} = \frac{1188}{3} = 396 \text{ м}^3/\text{год.}$$

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

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

Пропозиції по покращенню умов праці

Для запобігання захворювань і травматизму потрібно:

- ліквідувати протяги;

- біля апарата, який експлуатується розмістити інструкції по техніці безпеки і експлуатації;
- огородити всі рухомі частини і пофарбувати огорожі в червоний колір;
- на видному місці розмістити план евакуації виробничого персоналу в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

12. Охорона довкілля

Питання екологічної безпеки бурякоцукрового виробництва завжди було актуальним, і сьогодні його актуальність для України значно зросла.

В радянські часи питанню екологічної безпеки цукрового виробництва приділялася відповідна увага, особливо питання раціонального використання води в виробництві, методом очищення стічних вод і конструкціям очисних споруд.

З проголошенням незалежності України актуальність питань екологічної безпеки в промисловості, енергетиці і в комунальному господарстві значно зросла у зв'язку з техногенними аваріями, які сталися на території України, і особливо з аварією на ЧАЕС. Свідченням цього є прийняття владними органами України ряду природоохоронних законодавчих актів та постанов.

Уже в 1991р. Верховною Радою України був прийнятий Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища". В цьому документі підкреслюється, що основним принципом управління охороною навколишнього природного середовища є розробка та використання економічних важелів, які повинні створити для порушників такі умови, при яких забруднення навколишнього природного середовища буде економічно не вигідним. До таких важелів, в першу чергу, слід віднести стягнення зборів (платні) за забруднення навколишнього природного середовища, а саме: поверхневий водойм, підземних вод, атмосферного повітря та розміщення відходів виробництва, а також зборів за використання природних ресурсів, до яких належить і вода.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Принцип роботи</i>	22214.3.MP.04.011 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

При цьому стягнення зборів за забруднення навколишнього природного середовища викидами із стаціонарних джерел, скидами та розміщенням відходів в межах лімітів, затверджених для цукрових заводів, відноситься на валові витрати виробництва, а за перевищення лімітів справляється за рахунок їх прибутку. Тому господарська діяльність цукрових заводів має бути спрямована на зменшення цих платежів, що дозволить знизити собівартість цукру, а це можливо при умові впровадження передових технологій як в основному виробництві, так і по очищенню і знезараженню стічних вод, газопилових викидів та утилізація відходів.

Екологічна небезпека цукрового виробництва проявляється в:

- забрудненні поверхневих водойм зворотними водами;
- забрудненні підземних вод;
- забрудненні атмосферного повітря газопиловими викидами як від технологічних процесів, так і від енергетичних установок;
- забрудненні атмосферного повітря внаслідок процесів розкладу відходів в місцях їх накопичування (на полях фільтрації, очисних спорудах, жомовій ямі, тощо);
- деградації біоресурсів і підвищеній кількості хвороб риби.

Все вище згадане також негативно впливає і на здоров'я людей. Тому спеціалісти цукрової галузі повинні ставитись до питань екологічної безпеки цукрового виробництва відповідно до вимог природоохоронного законодавства України, які викладені в законодавчих актах Верховної Ради України:

- Законі України “Про охорону атмосферного повітря”(1993р);
- Водному кодексі України (1995 р.);
- Законі України “Про відходи ” (1998 р.).

Підприємства цукрової промисловості у відповідності з постановою Кабінету Міністрів № 554 від 27.07.1995 р. віднесені до об'єктів, які становлять підвищену екологічну небезпеку. Більшість допоміжних технологічних процесів основних процесів дуже шкідливо діють на навколишнє середовище. Наприклад, в ТЕЦ при спалюванні газу утворюються димові гази, що містять оксиди сірки, азоту, вуглецю.

При переробці цукрових буряків на цукор утворюється ряд відходів виробництва, які з екологічної точки зору небезпечні для навколишнього середовища:

- погіршення земельних ресурсів (вивезення з полів верхнього поживного шару ґрунту, веде до поступового зниження родючого ґрунту і гумусу ґрунтів; забруднення ґрунтів відходами виробництва; засолення стічними водами заводу);

- забруднення водних ресурсів (скидання забруднюючих речовин у водойми; виснаження підземних вод; "цвітіння" водойм);

- забруднення атмосферного повітря (насичення повітря неорганічними речовинами; забруднення повітря внаслідок гниття відходів);

- деградація біологічних ресурсів (деградація рибних ресурсів; зменшення властивості самоочищення біосфери в результаті поглинання шкідливих речовин);

- проблеми екології людини (забруднення середовища життя людини шкідливих речовин, що призводять до захворювання).

Значну шкоду наносить пил, що утворюється при завантаженні вапняку. В основному виробництві при проведенні утворюється значна кількість газових та пилових осадів.

Основним виробництвом на заводі є виробництво цукру-піску, до побічної продукції належать жом і меляса. До оборотних відходів належать бій і хвостики цукрових буряків. Викиди виробництва – це неминучі технологічні втрати. На заводі є відходи, до яких належить фільтраційний

осад, відсів вапняку, недопал та перепал вапняку, зола і шлаки, ТЕЦ, промислові і стічні води.

Недоліки виробництва – це відходи, які поки що не можуть бути використані в народному господарстві або їх використання є екологічно шкідливим, не вигідним. Відходи споживача – матеріальні втрати, які повністю втратили споживчі властивості в результаті зносу чи споживання (фільтрувальна тканина, папір, металобрухт).

Основними шкідливими речовинами, які впливають на стан здоров'я є CO_2 , NO_2 , NO , CO , SO_2 , NH_3 , H_2S , пари формаліну, пил. Вміст шкідливих речовин в приміщеннях на робочих місцях не повинен перевищувати ГДК. У випадку перевищення ГДК-знижується працездатність людей, погіршується стан здоров'я, що є причиною професійних захворювань. Нормативи основних забруднювачів представлені в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1.

Речовини	ГДК, мг/м ³
CO_2	0,5
CO	20
SO_2	10
NH_3	20
H_2S	10
цукровий пил	6

З 1.07.1995 року в Україні введений обов'язковий сертифікат на цукор для реалізації його на внутрішньому та зовнішньому ринку. Показники безпечності цукру встановлені Міністерством охорони здоров'я. ГДВ токсичних речовин для цукру не повинні перевищувати (мг/л): свинець – 1,0; кадмій – 0,05; ртуть – 0,01; мідь – 1,0; цинк – 3,0; миш'як – 0,5; пестициди – 1,0; гексохлоран – 0,05; ДДТ – 0,05. Дані показники на виробництві відповідають встановленим нормативам.

12 Маркетингове обґрунтування проекту

Сучасний стан буряківництва та цукрової промисловості України зумовлює необхідність створення умов для забезпечення ефективного виробництва цукрових буряків та їх переробки на цукор.

Однак чинники підвищення ефективності діяльності підприємств галузі діють неузгоджено або недостатньою мірою, що ускладнює економічну ситуацію на ринку цукру через його перевиробництво чи недовиробництво, а низький рівень ефективності товаровиробників галузі не забезпечує їм розширеного відтворення.

Нині галузь буряківництва і цукрова промисловість в Україні перебувають у складному становищі.

Через відсутність достатньої кількості обігових коштів та відповідної матеріально-технічної бази, бурякосійні підприємства не зацікавлені у вирощуванні коренеплодів цукрових буряків, а цукрові заводи не отримують необхідних обсягів цукро-сировини.

Одним зі шляхів підвищення ефективності буряківництва в Україні є додержання технологій вирощування цукрових буряків, основними елементами яких є живлення рослин та їх захист від шкідників, хвороб і бур'янів, що разом з ґрунтово-кліматичними умовами забезпечує підвищення врожайності культури (табл. 13.1).

Нарощення врожайності цукрових буряків зумовлено розвитком культури землеробства та підвищенням технологічної дисципліни.

Так, якщо в 2001 р. на кожний гектар товаровиробники вносили по 90 кг діючої речовини (д.р.) мінеральних добрив, то в 2015 р. – 274, тобто втричі

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Понамаренко.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Ремінець ІС</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Маркетинг	22214.3.MP.05.012 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук МВ</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/5

більше. Встановлено тісний прямий кореляційний зв'язок між кількістю внесених мінеральних добрив та врожайністю коренеплодів. Коефіцієнт кореляції становить 0,93

Показник	Роки						2015 р. у % до	
	2001	2011	2012	2013	2014	2015	2001	2014
Зібрана площа буряків, тис. га	853,1	515,8	448,9	270,5	330,2	237,0	27,8	71,8
Виробництво буряків, млн. т	15,57	18,74	18,44	10,79	15,73	10,33	66,3	65,7
Урожайність, т/га	18,26	36,33	41,08	39,89	47,65	43,58	238,7	91,5
Цукристість, %	15,17	16,63	16,11	16,26	17,05	17,63	-	-
Збір цукру, т/га	2,77	6,04	6,62	6,49	8,12	7,68	277,3	94,6
Рівень рентабельності виробництва цукрових буряків, %	1,5	36,5	15,7	2,7	17,9	28,2	-	-

Таблиця 13.1 Показники ефективності виробництва цукрових буряків в Україні

Останніми роками особливу увагу було приділено захисту цукрових буряків від шкідників і хвороб, які істотно знижують їх продуктивність. Якщо в 2001 р. від хвороб (переважно від церкоспорозу) було захищено лише 8,9 % площ цукрових буряків до збирання, то останніми роками посіви були повністю захищені.

Посіви цукрових буряків також краще були захищені від бур'янів. Якщо в 2001 р. гербіцидами обробляли лише 65,9 % посівів, то останніми роками кожне бурякове поле в середньому тричі було оброблено гербіцидами.

За останні роки в цукровій галузі сформувалися інтегровані компанії, за участю яких у сезоні переробки цукрових буряків урожаю 2015 р. вироблено 75,7 % цукру до загального виробництва. Концентрація виробництва

цукросировини на потужних спеціалізованих підприємствах дає можливість вирощувати цукрові буряки за інтенсивними технологіями, що забезпечує істотне підвищення їх урожайності та валового збору.

Нині кількість працюючих цукрових заводів з переробки цукрових буряків зменшилася в чотири рази. При цьому вихід цукру на цукрових заводах України збільшився з 11,4% у 2001 р. до 14,68 % у 2015 р.(табл. 13.2).

За 2015 р. цукрові заводи України прийняли 9,91 млн т цукросировини, або менше на 34,6 % порівняно з 2001 р., переробили 9,72 млн т цукрових буряків і виробили 1,43 млн т цукру, або 6,03 т/га, що не забезпечує потребу внутрішнього ринку України в повному обсязі.

Показник	Роки						2015 р. у %	
	2001	2011	2012	2013	2014	2015	2001	2014
Кількість працюючих заводів	147	77	63	38	48	36	24,5	75,0
Заготовлено буряків на заводах, млн. т	15,15	17,79	17,55	9,22	15,11	9,91	65,4	65,6
Перероблено буряків, млн. т	14,57	17,36	17,17	9,06	14,81	9,72	66,7	65,6
Вироблено цукру з буряків, млн. т	1,33	2,33	2,14	1,26	2,05	1,43	107,5	69,8
Вироблено цукру, т/га	1,56	4,52	4,77	4,66	6,22	6,03	386,5	96,9
Середньодобова переробка буряків на 1 цукровий завод, тис. т/добу	2,71	3,12	3,38	3,62	3,75	3,75	138,4	100,0
Вихід цукру, %	11,40	13,46	12,95	13,35	14,04	14,68	-	-

Таблиця 13.2 Показники переробки цукрових буряків на цукрових заводах України

Енергетичний баланс цукрового заводу свідчить, що із загальних витрат палива 85–90% припадає на виробництво теплової енергії для технологічних потреб, а 10–15% – на виробництво електроенергії та на виробництво вапна і вуглекислого газу. Тому визначальним напрямом

зменшення питомого споживання паливно-енергетичних ресурсів є скорочення витрат теплової енергії на переробку цукрових буряків.

Потреба у підвищення якості товарної пропозиції цукрових заводів визначається не тільки високою залежністю країни від імпорту енергоресурсів,

а й необхідністю мати резервні потужності для переробки надлишку виробленої продукції, зважаючи на циклічний і ризиковий характер цукробурякового виробництва.

На основі поліноміальної моделі, яка описує рівень урожайності цукрових буряків в Україні за 1913–2015 роки, можна зробити прогноз урожайності цукрових буряків, який передбачає її підвищення на 28 % (рис. 13.1). Отже, передумови для впровадження високо-ефективного обладнання для виробництва цукру є.

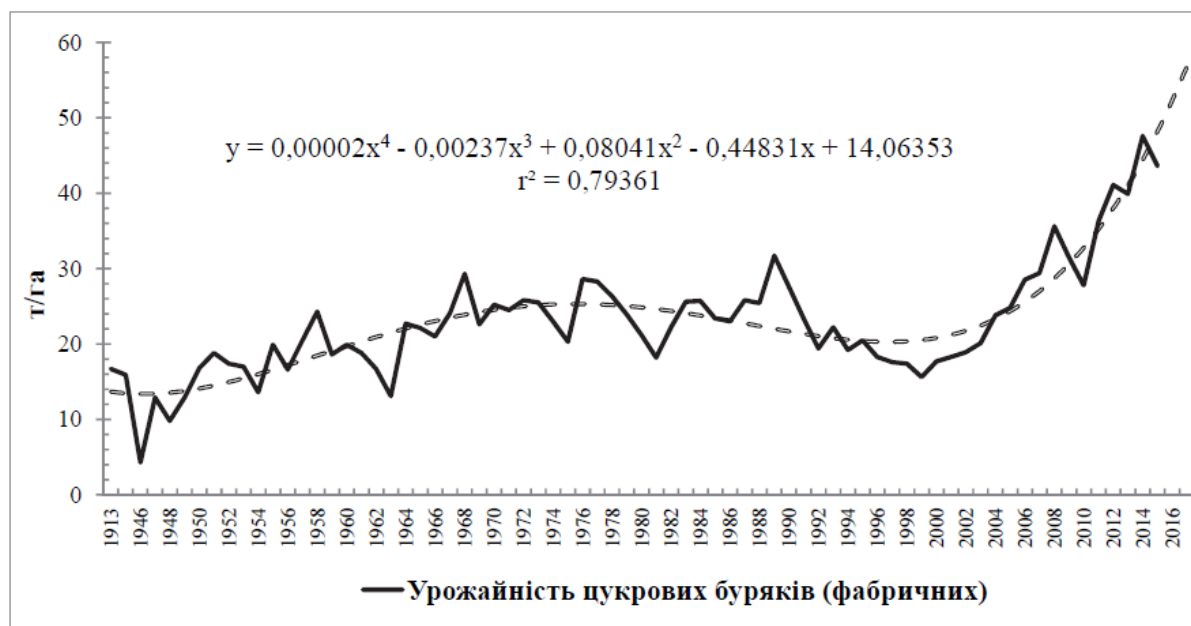


Рис. 13.1 Динаміка врожайності цукрових буряків (фабричних) в Україні

Розвиток товарної політики та підвищення ефективності роботи обладнання цукрових заводів є одним із найбільш перспективних та ефективних способів, які сприятимуть зростанню ефективності діяльності

підприємств цукрової галузі. Активізація цього напрямку можлива за умов повного та раціонального використання сировини, яка надходить для виробництва цукру.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було проведено дослідження інноваційного ежектора з комбінованою камерою змішування (початкова конічна частина та наступна циліндрична). Даний ежектор має на 10...20 % більший коефіцієнт ежекції в порівнянні з ежектором класичної конструкції з циліндричною камерою змішування. Поясненням цього є те, що опір потоку з початковим конічним перехідником менший, ніж при раптовому розширенні камери змішування.

Проведено налаштування модулів програми, що дозволяє визначати кількісно всі необхідні параметри змішаного потоку, рідкої, або газової фаз в усіх точках камери змішування ежектора.

Удосконалення передбачає:

- заміну диску з отворами на відцентрово-струминну форсунку конструкції НУХТ;
- зміну конструкції камери змішування.

В результаті модернізації сульфитатора досягається такі позитивні результати:

1. Підвищується продуктивність;
2. Покращуються умови роботи внаслідок стабілізації ежекції газової фази;
3. Покращується якість сульфітованої рідини;
4. Зменшується забруднення атмосфери, внаслідок підвищення використання SO₂.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	22214.3.MP.04.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мирончук В.Г., Вискребцов В.Б., Пономаренко В.В. Удосконалення роботи сатураторів і сульфитаторів ежекційними методами Матеріали науково-технічної конф. цукровиків України «Підвищення конкурентноспром. цукр. виробництва», К., Цукор України, 2010, с. 197-198.
2. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Ч.1/ В.О.Штангеев, В.Т.Корбер, Л.Г.Белостоцкий и др.; Под ред.В.О.Штангеева.-К.; Цукор України,2003. С.334-341.
3. Азирлевич М.Я. Оборудование сахарных заводов. — 3-е изд. — М. Легкая и пищевая пр-ть, 1982. — 392 с.
4. Андрианов И.О. Ремонт и монтаж оборудования свеклосахарных заводов. / изд. 2-е пераб. и дополн. — М.: Пищ. пр-ть, 1973 —328 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя [В 3 т.] — М.: Машиностроение, 1982. (т.1 — 729 с, т.2 — 584 с, т.3 — 576 с).
6. Колесник В.Г. и др. Справочник механика сахарного завода. Технологическое оборудование / Колесник Б.Г., Лысиков В.П., Парходько А.П. — М.: Легкая и пищевая пр-сть, 1987. 286 с.
7. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов . – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Легкая и пищевая пр-ть, 1983 — 320 с.
8. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. - М.: Агропромиздат, 1999. - 431 с.
9. Сапронов А.Р., Сапронова Л.А. Технология сахара. -М.:Колос, 1993. – 290 с.
10. Машины и аппараты пищевых производств. Антипов С. Т., Кретов И. Т., Остриков А. Н. и др. Под ред. Акад. РАСХН В. А. Панфилова.- М.: Высшая школа, 2001.- В 2 кн. – 1384 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ремінець ІС	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Список літератури</i>		222143.MP.04.001 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4	

- 11.
12. Мала гірнича енциклопедія. В 3-х т. / За ред. В. С. Білецького. — Донецьк: «Донбас», 2004.
13. Левицький Б.Ф., Лещій Н.П. Гідравліка. Загальний курс - Львів: Світ, 1994.-264с.
14. О.М. Коваленко, Т.О. Шевченко Інженерна гідравліка. Розділ І. Рух рідини в закритих руслах – Харків: ХНАМГ, 2007.-76 с.
15. П. В. Лобачева "Насосы и насосные станции"
16. Форсунка для распыливания жидкости. Вискребцов В. Г, Вискребцов В.Б., Пономаренко В.В. А.с.№1382499, Б.и. №11,1988.
17. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та інші. За ред. В.Г. Мирончука. Підручник. - Вінниця: Нова книга, 2007. - 648 с.
18. Мирончук В.Г., Лагода В.А., Пушанко М.М. Вибір та розрахунок обладнання цукробурякових заводів: Навч. посібник - К.: НУХТ. 1999. -60 с.
19. Розрахунки обладнання підприємств харчової і переробної промисловості: // Мирончук В.Г, Орлов Л.О, Українець А.І. та ін. Вінниця, 2004 - 286 с.
20. Прудис Б.В., Хоменко А.И. Расчет оборудования сахарных заводов (теория и задачи) - М.: Агропромиздат , 1985 - 223 с.
21. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства - М.: Агропромиздат, 1986.-431 с.
22. Сапронов А.Р., Бобровник Л.Д. Сахар. - М.: Легкая и пищевая пр-ть, 1981.-256 с.
23. Автоматизация свеклосахарного производства / З.С. Волошин, Л.П.Макаренко, А.А. Рокитский, П.В. Яцковский, - М.: Пищевая пр-ть 1980.-288 с.
24. Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК. Том 1, часть 1. Сахарная и крохмало-

паточная промышленность. // Каталог М. АГРОНИИТЭНИТО, 1990 -239 с.

25. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности: Учебн. П.А. Широков, В.И. Михайлов, Р.В. Фельдман и др. Под редакцией П.А. Широкова. - М.: Агропромиздат. 1986 - 311 с.

26. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1991 - 432 с.

27. Харламов СВ. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. - Л.: Агропромиздат, 1991 - 256 с.

28. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 3. - М.: Машиностроение, 1977- 360 с.

29. Конструирование и расчет машин химических производств. / Ю.Н Гусев, Н.Н. Карасев, Э.Э. Кольман-Иванов и др. - М.: Машиностроение, 1985 -408 с.

30. Основы конструирования и расчета химических аппаратов и машин. Часть 2. Основы конструирования, расчета на прочность узлов и деталей. Основы надежности и долговечности. / Топтуненко Е.Т. - М.: изд-во «Вища школа» -1974 - 220 с.

31. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств. Под редакцией В.И. Стабникова - К.: «Вища школа» Головне видавництво, 1982- 199 с.

32. Устройство и эксплуатация оборудования предприятий пищевой промышленности./Под редакцией А.И. Даишева.: 2-е изд., переизд. дополн.: М.: Агпромиздат, 1988 - 399 с.

33. Мирончук В.Г. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання харчових виробництв. Курс лекцій для студ. спец. 6.090221 «Обладнання переробних і харчових виробництв» ден. та заоч. форми навчання. - К.: НУХТ 2007- 118 с.

34. Гальперин Д.М., Миловидов Т.В. Технология монтажа, наладки и

ремонта оборудования пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1990 - 279ю

35. Справочник механика пищевой промышленности. / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко - К.: Арт Эк. 2004 -304 с

36. Кичкин И.И., Скорняков Е.Л. Патентные исследования при курсовом и дипломном проектировании в высших учебных заведениях. Учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 1979 - 163 с

37. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» дипломного проекту для студентів технологічних спеціальностей денної та заочної форми навчання / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, В.Л Вендичанський. - К.: НУХТ, 1999- 12 с.

38. Методичні вказівки до виконання дипломного та курсового проекту (роботи) «Охорона навколишнього середовища для студ. Спец. 7.091703 «Технологія цукристих речовин» денної та заочної форми навчання / Укл. О.А. Лагода, В.Ф. Суходол, Л.І. Танащук. - К.: УДУХТ, 1998 - с.

39. Одарченко М.С. Охорона праці на підприємствах харчування. - Харків: Основа, 1998-347 с.

40. Середа Д.Г., Домашевский В.И. Охрана труда в пищевой промышленности - М., Пищевая промышленность 1993 - 344 с.

41. Цивільна оборона. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту (робота) для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форми навчання / Укл. М.М. Яцюк - К.: УДУХТ. 1998 - 12 с.

42. Методические указания к разработке экономической части дипломного проекта для студентов специальности 1004 всех форм обучения / Сост. Н.В. Волкова, М.Г. Цымбалюк. - К.: КТИПП, 1987 - 28 с.

43. Методические указания к выполнению раздела «Автоматизация технологических процессов в дипломном проектировании» для студентов специальности 1004 / Сост. А.П. Ладанюк, И.И. Гармаш - КТИПП, 1986. -14.