

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний
інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій
проектування

«До захисту в ЕК»

Директор інституту (декан факультету)

(підпис)

Блаженко С.І.

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

Якимчук М.В.

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____ Інжиніринг харчових виробництв _____

на тему: Інтенсифікація процесу карбонізації вапнованого дифузійного соку в
інноваційному сатураторі каскадного типу

Виконав: здобувач _____ курсу, групи _____

Волинська Вікторія Віталіївна

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник _____ Пушанко Микола Миколайович _____

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Здобувач _____

(підпис)

Київ - 2022р.

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. Якимчук М. В.

“ ___ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Волинської Вікторії Віталіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Інтенсифікація процесу карбонізації вапнованого дифузійного соку в інноваційному сатураторі каскадного типу

керівник проекту (роботи) Пушанко Микола Миколайович, проф., доктор тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 01 » листопада 2021 р. № 860-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2022р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Анотація; Зміст; Вступ; Аналітичний огляд стану питання; Методика проведення досліджень; Дослідна частина та узагальнення результатів; Обґрунтування модернізації; 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 з охорони праці; Охорона довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 1 аркуш; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш; Технологічна схема дефекосатурації – 1 аркуш; Наукова частина – 5 аркушів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	21.09.2021	
2	<i>Аналітичний огляд стану питання</i>	04.10.2021	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	18.10.2021	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	23.11.2021	
5	<i>Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>	28.11.2021	
6	<i>Розрахункова частина</i>	05.12.2021	
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	10.12.2021	
8	<i>Технологія машинобудування</i>	20.12.2021	
9	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>	25.12.2021	
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	30.12.2022	
11	<i>Заходи по охороні праці</i>	04.01.2022	
12	<i>Охорона довкілля</i>	08.01.2022	
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	12.01.2022	
14	<i>Висновки</i>	20.01.2022	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	22.01.2022	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.02.2022	

Здобувач _____

(підпис)

Волинська В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Пушанко М. М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему: «Інтенсифікація процесу карбонізації вапнованого дифузійного соку в інноваційному сатураторі каскадного типу».

Актуальність теми. Відоме обладнання для вуглекислотної обробки вапнованого дифузійного соку донині не забезпечує високого ефекту його очистки та високого коефіцієнта використання CO₂ з сатураційного газу. Це гальмує обробку соку, знижує продуктивність заводу, призводить до перевитрат сатураційного газу та вапна, а також до забруднення атмосфери невикористаним CO₂. В зв'язку з цим, роботи, які направлені на інтенсифікацію процесу сатурації, зокрема, на підвищення коефіцієнта використання CO₂ з сатураційного газу, є актуальними.

Метою дослідження є інтенсифікації процесу карбонізації дефекованого соку.

Об'єктом дослідження є процес карбонізації.

Предметом дослідження є сатуратори різноманітного конструктивного виконання.

Магістерська робота складається з пояснювальної записки обсягом _____ сторінок формату А-4 та графічної частини обсягом 10 аркушів формату А-1.

Ключові слова: карбонізація, інтенсифікація, сатуратор, вуглекислий газ, коефіцієнт використання.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	201990.MP.01.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

ANNOTATION

Master's thesis on the topic: «Intensification of the process of carbonization of liming diffusion juice in an innovative saturator of the cascade type».

Relevance of the topic. The known equipment for carbonic acid treatment of lime diffusive juice to this day does not provide a high purification effect and a high utilization rate of CO₂ from saturation gas. This slows down the processing of the juice, reduces the productivity of the plant, leads to an overuse of carbonation gas and lime, as well as polluting the atmosphere with unused CO₂. In this regard, the work aimed at intensifying the carbonation process, in particular, at increasing the utilization rate of CO₂ from saturation gas, is relevant.

The aim of the study is to intensify the process of carbonization of diffusive juice.

The object of research is the process of carbonization.

The subject of the study are saturators of various designs.

Master's work consists of an explanatory note in the amount of _____ pages of A-4 format and a graphic part in the amount of 10 sheets of A-1 format.

Key words: carbonization, intensification, saturator, carbon dioxide, utilization factor.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Annotation	201990.MP.01.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

ЗМІСТ

стор.

Вступ.....	
1. Аналітичний огляд стану питання.....	
2. Методика проведення досліджень.....	
3. Дослідна частина та узагальнення результатів.....	
4. Обґрунтування модернізації.....	
5. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування.....	
6. Розрахункова частина.....	
7. Підбір конструкційних матеріалів.....	
8. Технологія машинобудування.....	
9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.....	
10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування.....	
11. Заходи з охорони праці.....	
12. Охорона довкілля.....	
13. Маркетингове обґрунтування проекту.....	
Висновки.....	
Список використаних джерел.....	

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	201990.MP.01.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

ВСТУП

Цукрова промисловість є однією з стратегічно-важливих галузей харчової промисловості України. Цукор використовується безпосередньо у харчуванні та як сировина для інших харчових виробництв. Виробництво цукру – трудомісткий та багатоетапний процес, який потребує використання засобів автоматизації, прогресивних технологій і ефективного обладнання.

На жаль, на сьогоднішній день бурякоцукрове виробництво України перебуває у незадовільному стані. Так, основними проблемами його розвитку є: відсутність чіткого регулювання ринку цукру, висока собівартість цукру, значна зношеність основних фондів підприємства, скорочення матеріально-технічного забезпечення бурякосіючих господарств та цукрових заводів. Циклічність та нестабільність виробництва цукру, яка є в Україні, призводить до значних коливань його ціни, що сильно дестабілізує ситуацію на внутрішньому ринку.

Економічна ефективність підприємств цукрової промисловості залежить від багатьох факторів, найважливішими з яких є собівартість цукру, питомі витрати на його виробництво, капіталовкладення. Удосконалення розвитку цукрової промисловості в значній мірі визначається раціональним використанням сировини та ресурсів.

Важливим фактором росту ефективності цукрового виробництва є підвищення ефекту очистки дифузійного соку. Від нього залежить фільтрування соку, його випарювання та кристалізація сахарози. Вапняно-вуглекислотна обробка дифузійного соку, яка здійснюється на станції дефекосатурації, донині залишається основним способом його очищення. За раціональних умов проведення процесу така обробка може видалити з дифузійного соку 28 – 40% нецукрів.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	201990.MP.01.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

В зв'язку з підвищенням вимог до якості цукру, цін на паливо, вапняковий камінь і інші допоміжні матеріали, перед науковцями цукрової галузі ставиться задача по удосконаленню технології та обладнання, оптимізації технологічних режимів. Визначальними факторами при удосконаленні обладнання станції дефекосатурації є зменшення витрати вапна, викидів в навколишнє середовище, втрат цукру і енергоспоживання, підвищення ефекту очищення та коефіцієнта використання сатураційного газу.

Сатурація, яка входить до складу вапняно-вуглекислотної обробки, має за мету фізико-хімічне очищення дефекованого соку від нецукрів. При цьому розрізняють першу та другу сатурацію. Дефекований сік на першій сатурації обробляється сатураційним газом який містить 28 – 32 % CO₂. В результаті цього відбувається нейтралізація вапна, яке міститься в соці, діоксидом вуглецю з утворенням дрібнозернистого карбонату кальцію, який випадає в осад. Частинки карбонату кальцію на своїй поверхні адсорбують нецукри. Мета другої сатурації – видалити під дією CO₂ в осад все вапно та осадити максимальну кількість солей кальцію з розчину.

Проведення як першої так і другої сатурації традиційно відбувається в апаратах безперервної дії методом барботажу сатураційного газу через шар цукровмісного розчину. Існуючі конструкції такого обладнання не забезпечують високих якісних показників очищених розчинів та високого коефіцієнта використання сатураційного газу. Так, якість очищення цукрового розчину від нецукрів не перевищує 40%, коефіцієнт використання сатураційного газу в апаратах першої сатурації 60 – 70%, а другої – небільше 50%.

Враховуючи вищезазначене, метою даної магістерської роботи є інтенсифікація процесу карбонізації вапнованого дифузійного соку в інноваційному сатураторі каскадного типу. Використання ефективних сатураторів дозволить підвищити якість цукрових розчинів, коефіцієнт використання сатураційного газу, і як результат останнього – зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

Дифузійний сік – багатокомпонентна система. До його складу поряд з цукрозою входять нецукри. Нецукри дифузійного соку та продукти їх розкладу знижують швидкість кристалізації цукрози, а окремі здатні припинити її кристалізацію [1]. Нецукри підвищують розчинність цукрози, що призводить до збільшення її вмісту в мелясі та зниження виходу товарного цукру. У випадку збільшення вмісту нецукрів в сиропі, підвищується їх вміст в цукрі, що знижує якість цукру. В зв'язку з цим дифузійний сік необхідно піддавати очищенню.

Відомо багато способів очистки дифузійного соку, але на практиці використовують лише один – дефекосатурацію, за яким сік спочатку обробляється вапном (дефекація), а потім – сатураційним газом (сатурація). Ціль такої обробки – видалення нецукрів з дифузійного соку.

Існують різні схеми дефекосатурації. Найбільшого розповсюдження отримали схеми, які включають попередню дефекацію, основну дефекацію, I та II сатурацію[2, 3].

У процесі попередньої дефекації виділяється максимальна кількість колоїдів з дифузійного соку, соку надається лужна реакція, укрупнюються нерозчинні кальцієві солі і видаляється більшість мікроорганізмів. Процес здійснюється з додавання до дифузійного соку вапняного молока або нефільтрованого соку I сатурації та дефекованого соку з розрахунку отримання розчину з рН 10,8 – 11,2. Відсоткове співвідношення між вапняним молоком або нефільтрованим соком I сатурації і дифузійним соком залежить від технологічної схеми і параметрів обладнання [4].

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Аналітичний огляд стану питання	201990.MP.01.001.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/20

У процесі основної дефекації до соку додається невелика кількість вапна (CaO) у вигляді вапняного молока для утворення на I сатурації карбонату кальцію (CaCO₃), осад якого служить для фільтрації соку і адсорбції нецукрів, відбувається розкладання деяких речовин (інвертного цукру, глутаміну) та осадження ряду кислот (щавельної, лимонної, винної та ін). Тривалість основної дефекації залежить від технологічної схеми. При цьому з загальної кількості вапна в соці (14 % розчин цукру) розчиняється близько 0,25%, чого достатньо для хімічних реакцій в дефекаторі. Решта вапна видаляється в апаратах I і II сатурації. Контроль процесу основної дефекації здійснюють за лужністю, яка традиційно визначається титруванням. Лужність соку після основної дефекації підтримують на рівні 1,2 – 1,4% CaO, що відповідає 1,2 – 1,4 г CaO на 100 мл соку.

На I сатурації відбувається адсорбція вапняних солей, барвників і колоїдів, що залишилися в розчині після дефекації. Розрізняють два етапи сатурації дефекавного соку, під час яких настають характерні зміни структури осаду та розчину. На першому етапі при обробці дефекованого соку (лужність соку вище 0,1% CaO) сатураційним газом (CO₂) рН розчину падає, а осад набуває зернисту структуру, що сприяє хорошій фільтрації соку. Одночасно CaCO₃ адсорбує на своїй поверхні солі кальцію та барвники, що сприяє зниженню кольоровості соку (рис. 1.1). При подальшому зниженні рН настає другий етап (лужність соку нижче 0,09% CaO), за якого швидкість фільтрації підвищується, однак якість відфільтрованого соку падає (підвищуються кольоровість та вміст солей кальцію). Між цими двома етапами сатурації, поблизу рН = 11, знаходиться зона (лужність соку 0,09 – 0,1% CaO), де кольоровість та кількість солей кальцію мінімальні. Дана область I сатурації кількісно відповідає оптимальному рН попередньої дефекації.

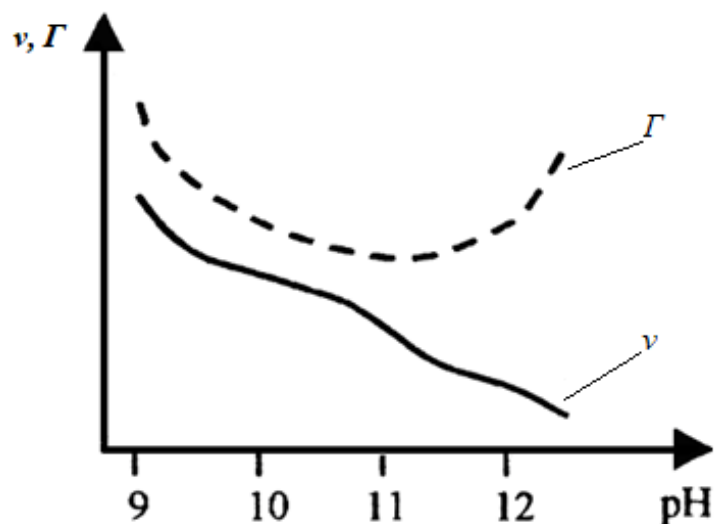


Рис. 1.1 Залежність швидкості фільтрації v та кольоровості Γ соку I сатурації від рН.

Значний вплив на процес I сатурації мають температура та його тривалість. При швидкій сатурації отримується дрібніший осад, що забезпечує зниження кольоровості соку та підвищення швидкості фільтрації за рахунок утримання на поверхні дрібних частинок осаду карбонату кальцію з великою сумарною поверхнею колоїдів (пектинові речовини, білки), які містяться в осаді. Крім того, осад виходить одноріднішим, що полегшує фільтрацію [5]. Насьогодні тривалість I сатурації становить 10 хв, що дозволяє підтримувати рівномірну лужність дефекованого соку. Температура соку на I сатурації впливає на дисперсність осаду карбонату кальцію і за типовою схемою становить 85 – 90 °С.

Контроль у процесі I сатурації передбачає вимірювання температури соку та спостереження за його рівнем в апараті, визначення лужності соку методом титрування або рН, визначення фільтруючої здатності осаду за фільтраційним коефіцієнтом або швидкості фільтрації і якості соку (вміст солей кальцію, кольоровість, доброякісність фільтрату).

Метою II сатурації є зниження лужності соку та вмісту в ньому солей кальцію за рахунок їх адсорбції. У процесі сатурації вміст солей кальцію у

розчині підтримується мінімальним, чому відповідає певний рН. Дане значення рН має назву оптимальної лужності і залежить від складу нецукрів, що залишилися в соці (рис. 1.2).

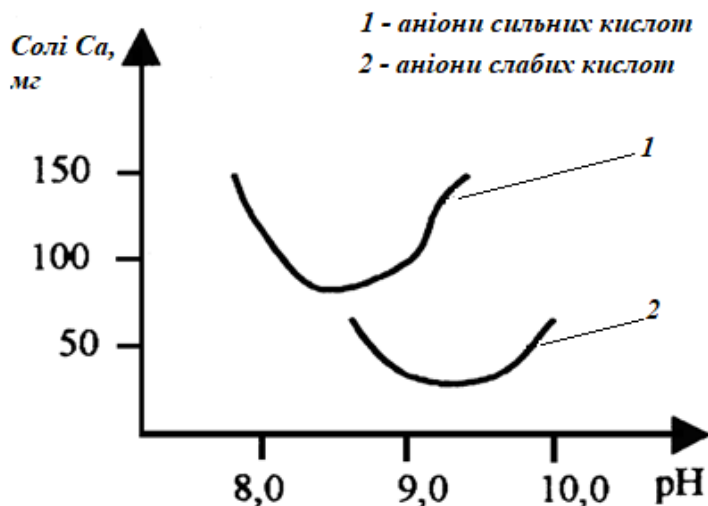


Рис. 1.2 Залежність оптимальної лужності соку II сатурації від вмісту СаО

Контроль у процесі II сатурації передбачає вимірювання температури соку та спостереження за його рівнем в апараті, визначення лужності або рН соку, знаходження оптимальної лужності та відповідного їй рН по мінімальній кількості солей кальцію.

Враховуючи те, що сатурація має надзвичайно значний вплив на якість очищення соку, то даному процесу необхідно приділити значну увагу.

Особливості процесу I та II сатурації

I сатурація.

Умови проведення I сатурації.

Температура. Перед дефекацією сік нагрівають до 90 °С. Під час дефекації він дещо охолоджується та подається в I сатуратор температурою 85 °С. Після сатурації температура соку знижується до 80 °С за рахунок втрат тепла на випаровування води, пари якої видаляються разом з відпрацьованим сатураційним газом.

Кількість вапна. До соку на дефекації додають 2,5 – 3% вапна до маси буряків, однак кількість вапна залежить від якості цукру. Якщо буряк низької якості, то необхідно додавати більше вапна, оскільки через утворення слизистого желатиноподібного осаду знижується ефективність фільтрування соку. При збільшенні кількості вапна слизисті осадки розподіляються в більшій масі кристалічного осаду карбонату кальцію, що покращує фільтрацію. Очевидно, що для підвищення адсорбції нецукрів та очистки соку можна б збільшити кількість вапна понад норми, однак його перевитрата є нерентабельною. Тому для використання мінімальної кількості вапна використовують попередню дефекацію та рециркуляцію соку в сатуратор.

Лужність соку. Відсатурований та відфільтрований сік першої сатурації повинен мати лужність рН 10,8 – 11,2. При зниженні лужності нижче зазначеного рівня отримується пересатурований сік, який містить підвищений вміст нецукрів. При лужності вище зазначеної отримується недосатурований сік. Якість такого соку на рівні з тим, що має лужність рН 10,8 – 11,2, однак він погано фільтрується внаслідок желатиноподібної структури осаду CaCO_3 . Такий осадок отримується тому що в сильнолужному середовищі (рН > 11,2) за присутності сахарози луг $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та сахароза зв'язуються з частинками CaCO_3 та утворюють так званий «вуглекальцієвий сахарат», який не є визначеним хімічним з'єднанням. При рН 10,8 – 11,2 досягається утворення кристалічного осаду CaCO_3 .

Фактори, які впливають на якість соку I сатурації.

На кількість нецукрів, вилучених з соку на I сатурації адсорбцією та співвсадженням значно впливають: вміст гідроксиду кальцію в соці під час кристалізації карбонату кальцію, температура, швидкість поглинання CO_2 , поверхня контакту, лінійна швидкість зростання частинок карбонату кальцію.

На седиментаційні та фільтраційні властивості осаду в соці першої сатурації впливають його склад і структура. І якщо склад осаду залежить від якості дифузійного соку та витрати вапна, то структура – від способів та параметрів проведення попередньої і основної дефекації та самої сатурації. Значного впливу на седиментаційно-фільтрувальні властивості осаду мають: лужність соку, пересатування, рециркуляція соку в апараті.

Високий коефіцієнт використання CO₂ забезпечує роботу цукрового заводу без перевитрат вапняку, енергоресурсів та покращує керування I сатурацією [1]. На ступінь використання CO₂ впливає, зокрема, вміст гідроксиду вуглецю в соці, поверхня контакту фаз, інтенсивність перемішування.

Технологічні параметри і основні вимоги до процесу I сатурації наведено в таблиці 1.1.

Табл. 1.1. Технологічні параметри та основні вимоги до процесу I сатурації

Показник	Значення
Тривалість процесу, хв.	10
pH соку	10,8 – 11,2
Вміст CO ₂ в сатураційному газі, %	32 – 35
Тиск подачі сатураційного газу, МПа	0,04 – 0,06
Кількість рециркулюючого соку I сатурації, % (регулюється в залежності від якості дифузійного соку)	300 – 800
Середня швидкість відстоювання, S , м/хв.	0,025 – 0,03
Коефіцієнт використання сатураційного газу, %	65 – 75

II сатурація.

Умови проведення II сатурації.

Температура. Температура соку на II сатурації повинна бути такою, при якій бікарбонати розпадаються з виділенням CO₂. Такою температурою є

температура кипіння (приблизно 100°C). За цієї температури бікарбонати не утворюються та зникає ризик пересатування соку.

Кількість вапна. Для додаткового очищення соку в сатуратор II сатурації іноді додають невелику кількість вапнякового молока (0,25% CaO до маси буряка). При цьому утворюється більша кількість осаду CaCO₃.

Лужність. Оптимальною лужністю соку II сатурації є величина, що відповідає мінімальному вмісту солей кальцію у розчині. При досягненні оптимальної лужності всі іони гідроксидів перетворюються на карбонати. У соці з лужністю вище за оптимальну крім карбонатів присутні іони гідроксидів, а у соці з лужністю нижче за оптимальну — іони гідрокарбонату. Розчинність кальцію в присутності гідроксидів та гідрокарбонату вища, ніж тільки з іонами карбонату. Однак, навіть при оптимальній лужності, яка утримується в межах $\pm 0,004$ % CaO ($\pm 0,1$ рН), сік II сатурації містить надлишок солей кальцію. При згущенні очищеного соку у випарній установці ці солі переходять у пересичений стан та осаджуються на стінках апарату у вигляді накипу. Якщо в сік II сатурації, відсатурований до оптимальної лужності, ввести кристалічний карбонат кальцію та інтенсивно перемішувати за температури 92 – 97 °С протягом 5 – 10 хв, то значну частину солей кальцію можна вивести з розчину в осад [3]. Оптимальну лужність соку на II сатурації зручніше контролювати за значенням рН, який в залежності від якості перероблюваних буряків знаходиться в діапазоні 9,2 – 9,8.

Технологічні параметри і основні вимоги до процесу II сатурації наведено в таблиці 1.2.

Табл. 1.2. Технологічні параметри та основні вимоги до процесу II сатурації

Показник	Значення
Тривалість процесу, хв.	10
pH соку	9,2 – 9,8
Вміст CO ₂ в сатураційному газі, %	32 – 35
Вміст солей кальцію, % СаО до маси буряків	0,03 – 0,10
Доброякісність, %	88 – 92%

Способи та обладнання для проведення сатурації в цукровій промисловості.

За всю історію очищення дифузійного соку використовували два способи проведення сатурації: періодичний і безперервний. Спочатку, і впродовж тривалого періоду розвитку технології та устаткування цукрової промисловості, сатурація, як і інші технологічні процеси, проводилася періодично. За таких умов сатурація відбувалася з поступовим зниженням лужності соку. Перехід від періодичної до безперервної сатурації зумовлений тим, що сатуратори для безперервної сатурації менш металоємкі, займають меншу виробничу площу, зручніші в керуванні [2,3].

Процес сатурації проводиться постійним удосконаленням конструкцій апаратів, які забезпечували б оптимальні умови його проведення. За останні роки запропоновано багато різних варіантів апаратурного оформлення і способів ведення процесу сатурації: секціонування апаратів, сатурація під тиском, в пульсаційному та вібраційному режимах, розпилення соку за допомогою форсунок, нові конструкції газорозподільних пристроїв та ін [6, 7].

Не дивлячись на те, що мета першої і другої сатурації різна, для її проведення використовуються однотипні апарати. Розглянемо деякі конструкції сатураторів.

На рис. 1.3 представлено конструкцію сатуратора з циркуляційною трубою.

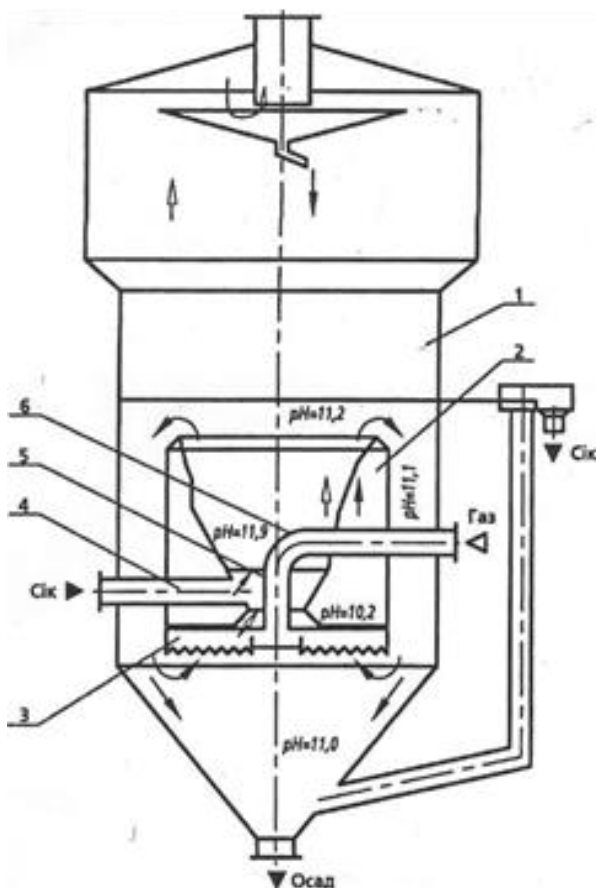


Рис. 1.3 Сатуратор з циркуляційною трубою

- 1 – корпус; 2 – циркуляційна труба; 3 – барботер; 4 – трубопровід подачі соку; 5 – розподільник; 6 – трубопровід подачі сатураційного газу

Сатуратор (рис. 1.3) складається з циліндричного корпусу 1, всередині якого встановлено циркуляційну трубу 2. У нижній його частині розташовані барботер 3 та трубопровід подачі сатураційного газу 6. Над барботером 3 встановлений розподільник 5. Розподільник 5 являє собою два конуси, які з'єднані меншими основами, і до яких приєднаний трубопровід подачі соку 4. Дефекований сік по трубопроводу 4 подається в циркуляційну трубу. При подачі газу в барботажну зону циркуляційної труби 2 в останній утворюється газорідина суміш, густина якої менше густини сатураційного соку за межами циркуляційної труби. Внаслідок цього виникає висхідний

циркуляційний потік газорідинний потік як у розподільнику 5, так і всередині циркуляційної труби 2, та низхідний потік соку за межами циркуляційної труби 2, тобто відбувається багаторазова циркуляція соку. За рахунок цього такий сатуратор дозволяє досягти підвищення коефіцієнта використання CO_2 , високу адсорбційну здатність частинок карбонату кальцію та поліпшення седиментаційно-фільтраційних властивостей осаду.

На рис. 1.4 представлено конструкцію сатуратора Ш1-ПАС.

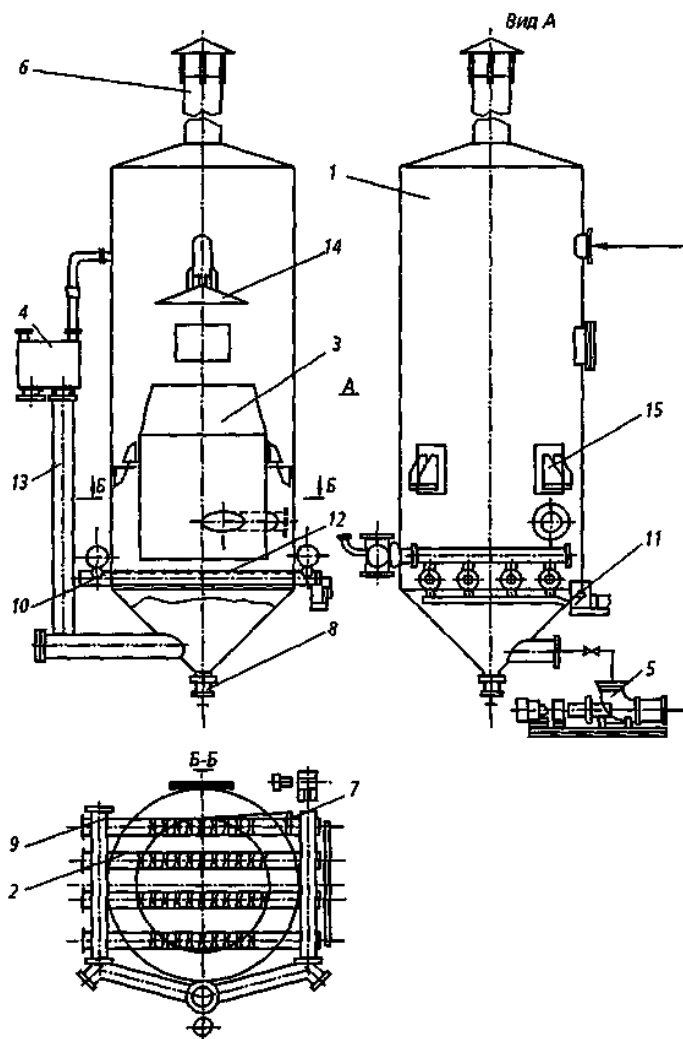


Рис. 1.4 Сатуратор Ш1-ПАС

1 – корпус; 2 – барботер; 3 – циркуляційна труба; 4 – контрольний ящик; 5 – рециркулятор соку; 6 – витяжна труба; 7 – патрубок підводу соку; 8 – спускний вентиль; 9 – газовий колектор; 10 – газорозподільчі трубки; 11 – привід регенератора; 12 – пластина

Сатуратор складається з циліндричного корпусу 1 з конічним днищем і кришкою, барботера 2, циркуляційної труби 3, переливного ящика 4, циркулятора 5, труб для підводу та відводу соку і відпрацьованих газів. Барботер 2 складається з колектора 9, газорозподільчих труб 10, регенератора з приводом 11. Регенератор з приводом 11 призначений для очищення отворів газорозподільчих труб 10 від осаду: на валу, котрий проходить через газорозподільчу трубку, встановлено пластини 12, кожна з яких входить у відповідну щілину труби. За рахунок коливального руху, що створюється приводом, відбувається їх очищення.

В циркуляційній трубі 3 сік рухається в гору, а потім опускається по кільцевому простору між трубою та стінкою апарата, чим досягається інтенсивне і постійне змішування рідини з газом. За рахунок цього забезпечується високий ефект адсорбційного очищення.

Конструкцію сатуратора з радіальним розташування перегородок в корпусі апарата представлено на рис. 1.5. Сатуратор складається з циліндрично-конічного корпусу, нижня частина якого розділена радіальними перегородками 2 на чотири (шість) секції, дві (три) з яких більші за об'ємом і розташовані по черзі. Знизу, по центру циліндричної частини корпусу, знаходиться труба 9 з двома (трьома) радіально встановленими патрубками 4 для подачі дефекованого соку в нижню частину більших секцій 7. Під трубою 9 розміщений колектор сатураційного газу 8 з трубопроводом 3 для його підведення а апарат. В нижній частині більших секцій розташовані барботери 5, які з'єднані з колектором 8 радіальними направляючими 6.

Дефекований сік по трубопроводу 10 подається в трубу 9, з якої через патрубки 4 рухається у нижню частину більших секцій. В барботери 5 подається сатураційний газ по трубопроводу 3. Дефекований сік разом з сатураційним газом піднімається в більших секціях і переливається через радіальні перегородки у менші секції, в яких рухається вниз, звідки значна його частина знову потрапляє у більші секції. Відпрацьований газ

піднімається у верхню частину сатуратора, і проходить через сепаратор 11, в якому відбувається відділення від нього крапель соку.

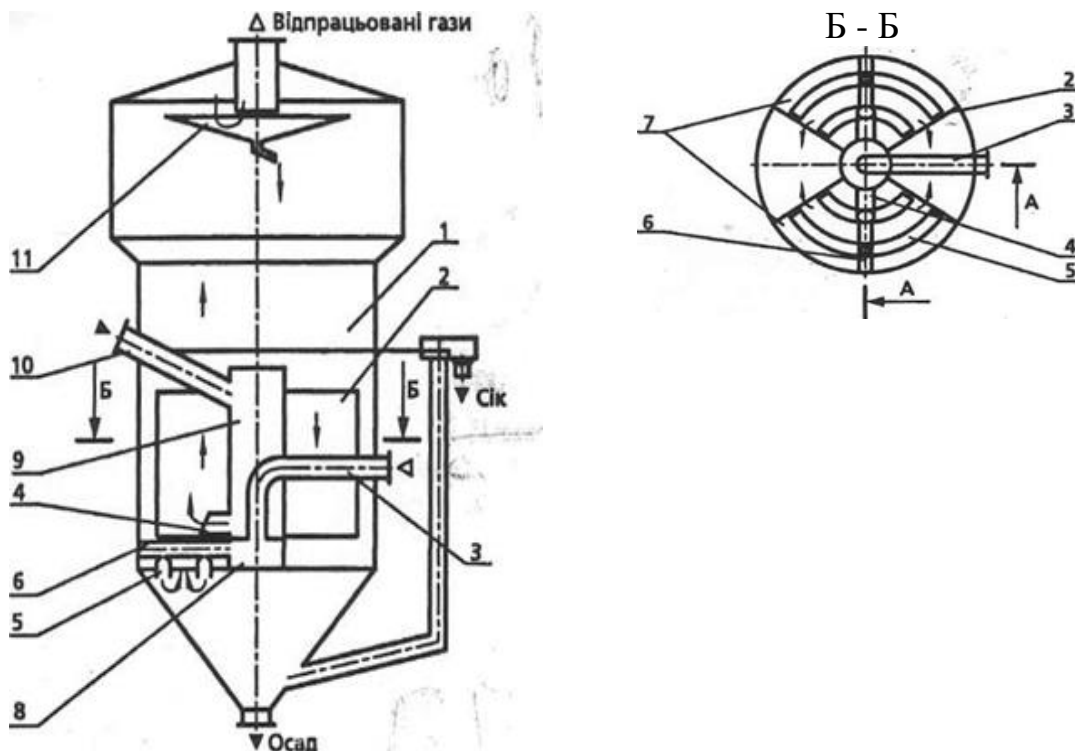


Рис. 1.5 Сатуратор з радіальним розташуванням перегородок в корпусі 1 – циліндрично-конічний корпус; 2 – перегородки; 3 – трубопровід подачі газу; 4 – патрубки; 5 – барботер; 6 – направляюча; 7 – секції; 8 – колектор; 9 – труба; 10 – трубопровід подачі соку; 11 – сепаратор.

Такий апарат забезпечує більш рівномірну природну рециркуляцію соку в порівнянні з сатуратором, який має внутрішню циркуляційну трубу. Це забезпечує збільшення зони активної сатурації, що сприяє поліпшенню седиментаційних та фільтраційних властивостей осаду. В зоні розміщення барботера свіжий сатураційний газ контактує з високолужним дефекованим соком, що приводить до зростання коефіцієнта використання CO_2 і підвищенню адсорбційної здатності частинок карбонату кальцію.

На рис. 1.6 зображено конструкцію двосекційного сатуратора. Сатуратор складається з циліндричного корпусу 1 та конічного днища 2.

Соковий простір апарата розділений вставкою 2 на дві секції – внутрішню та зовнішню, які мають барботери 3 та 4 відповідно. В нижній частині внутрішньої секції є отвір 9, який закривається клапаном 6. В надсоковому просторі встановлено відбивний зонт 11. Підведення соку в апарат відбувається через патрубок 10, а відведення – через патрубок 5. Патрубок 7 призначений для повного спуску рідини з апарата.

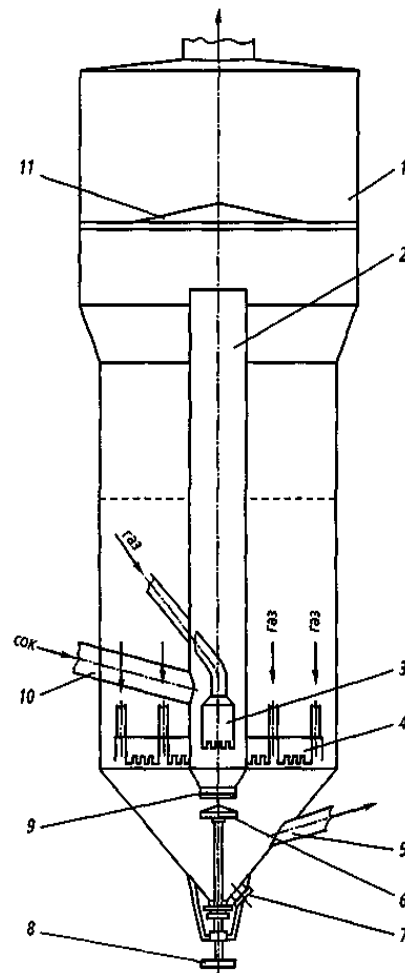


Рис. 1.6 Двосекційний сатуратор

1 – корпус; 2 – циліндрична вставка; 3, 4 – барботери; 5 – патрубок відведення соку; 6 – клапан; 7 – патрубок для повного спуску рідини; 8 – штурвал; 9 - отвір; 10 – патрубок підведення соку; 11 – відбивний зонт

Дефекований сік по патрубку 10 подається в нижню частину внутрішньої секції, обробляється газом і піднімається вгору. Частково відсатурований сік переливається в зовнішню секцію, де в протитечійному

режимі течії обробляється газом до заданих значень рН і лужності, а потім через патрубок 5 відводиться з апарата. При закритому клапані 6 у внутрішній секції апарата забезпечується ефективна сорбція нецукрів і CO₂.

За рахунок того, що внутрішня секція є вищою ніж зовнішня, гідростатичний тиск сокогазової суміші в ній нижчий ніж у зовнішній, тому при відкритому отворі 9 частково оброблений сік переливається у внутрішню секцію, де змішується з новим дефекованим соком і повторно обробляється сатураційним газом. Така циркуляція рідини всередині апарата сприяє поліпшенню седиментаційних і фільтраційних показників осаду. Регулювання об'єму циркулюючого соку здійснюється клапаном 6.

На рис. 1.7 представлено конструкцію секційного каскадного сатуратора.

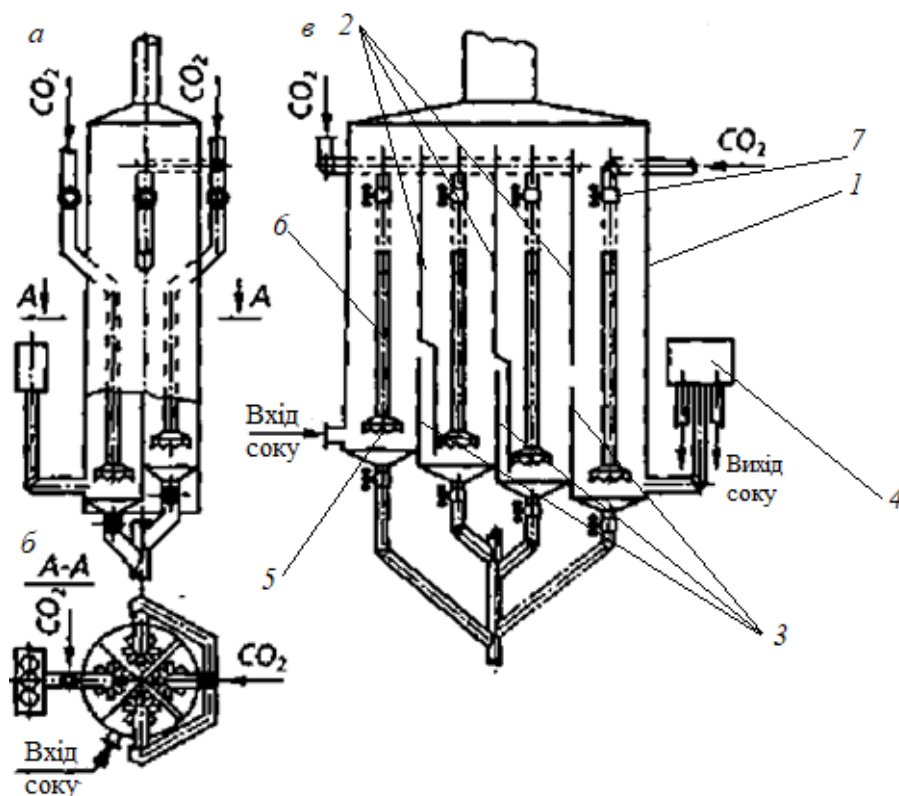


Рис. 1.7 Секційний каскадний сатуратор

(а – вид спереду; б – вид зверху; в – розгортка):

- 1 – корпус; 2,3 – перегородки; 4 – переливний короб; 5 – барботер; 6 – труба;
- 7 – засувки

Корпус 1 сатуратора перегородками 2 та 3 розділений на секції. Між цими перегородками створюється простір для переходу соку з попередньої секції в наступну. Кожна наступна секція розміщена нижче попередньої, що забезпечує переливання соку з секції в секцію. У нижній частині кожної секції є барботер 5, до якого трубою 6 підводиться сатураційний газ. Кількість введеного в кожну секцію сатураційного газу регулюється засувками 7. З останньої секції сік відводиться через переливний короб 4.

Дефекований сік подається в першу секцію, де він обробляється CO_2 до заданих величин лужності та рН соку. Частково оброблений сік через простір між перегородками переливається у наступну секцію.

Перевагою такого сатуратора є забезпечення ступінчатого зниження лужності та рН дефекованого соку, що дозволяє досягти значного очищення соку та високого коефіцієнта використання CO_2 . Окремі підводи сатураційного газу в кожну секцію забезпечують роботу кожної секції при заданих величинах лужності та рН соку. Недоліками такого апарата є складна конструкція, значне накипоутворення на внутрішніх його частинах, особливо в 1-й секції, необхідність точного регулювання кількості CO_2 , який вводиться в кожну секцію.

На кафедрі Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування НУХТ розроблено модель каскадного сатуратора (рис. 1.8) [8].

Сатуратор складається з циліндричного корпусу 1 та конічного днища 2. В середині сатуратора встановлена розподільча тарілка 3 для дефекованого соку, який подається в сатуратор через патрубок 4 та виводиться через патрубок 5. Сатураційний газ подається в колекторні трубки 6 з отворами, через які барботується газ. Над колекторними трубками встановлено пристрій 7 у вигляді ряду конічних кілець з кільцевими щілинами між їх рядами, скріплених стояками 8. Рівень соку в сатураторі підтримується

переливним ящиком 9. Відпрацьований сатураційний газ проходить в каплевловлювач 10 та видаляється в атмосферу.

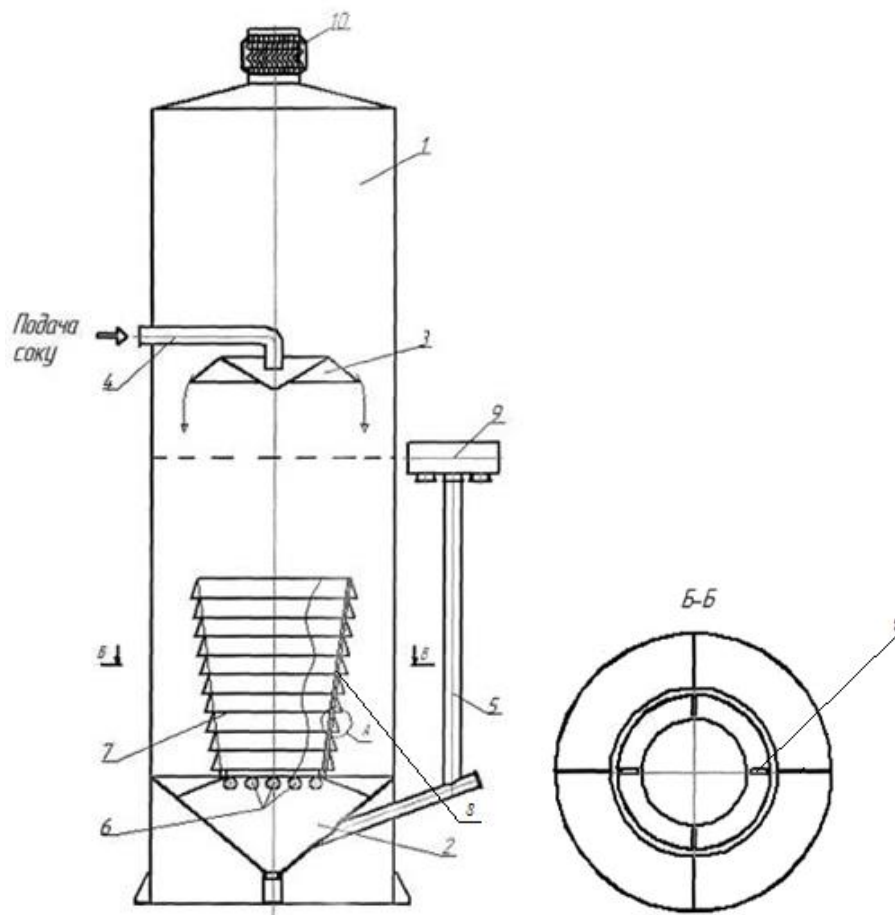


Рис. 1.8 Каскадний сатуратор

1 – корпус; 2 – днище; 3 – розподільча тарілка; 4 – труба подачі соку; 5 – труба відведення соку; 6 – колекторні трубки; 7 – каскадний рециркулюючий пристрій; 8 – стояк; 9 – переливний ящик; 10 – краплевлловлювач.

Сатуратор працює наступним чином. Дефекований сік по трубопроводу 4 надходить в корпус 1 на конусну розподільчу тарілку 3, потім пеленою, яка утворює циліндричну поверхню, потрапляє в зону циркуляції соку. Сатураційний газ подається в колекторні трубки 6 з отворами через які він барботується в рідину та піднімається вгору через шар соку в пристрої 7. Швидкість висхідного потоку соку в пристрої 7, збільшується за рахунок

появи в ньому бульбашок газу. Збільшення швидкості руху емульсії (газ+рідина) призводить до підсмоктування соку із зовнішнього контуру через кільцеві щілини у внутрішній пристрою. Таким чином утворюється багаторазова циркуляція соку з його додатковою обробкою сатураційним газом у внутрішньому просторі пристрою. За час проходження бульбашок газу через шар соку відбувається процес насичення діоксидом вуглецю дефекованого соку з подальшою його обробкою розчиненим вапном і утворенням карбонату кальцію. Сатурований сік виводиться через патрубок 5.

Технічний результат від використання такого сатуратора полягає в покращенні насичення сатураційним газом дефекованого соку, шляхом додаткової рециркуляції соку у внутрішній контур каскадного пристрою, що збільшує коефіцієнт використання CO₂.

Відомо сатуратор з насадками всередині (рис. 1.9). Він має вертикальну циліндричну частину 1 з конічним днищем 2, розміщений в надсоковому просторі розподільник соку 3 та ярусно розміщені насадки 4, газорозподільний пристрій 5, патрубки 6 – 8 відповідно для подачі соку і газу та відводу відсатурованого соку. Особливістю такого сатуратора є те, що насадки 4 виконані у вигляді кільцевих жолобів, при цьому приливний борт 9 кожного вищерозміщеного жолоба знаходиться по центру нижчерозміщеного жолоба. Кількість жолобів 4 кожного нижчерозміщеного ярусу перевищує їх кількість в вищерозміщеному ярусі в два рази. Сатуратор має колектор 10 з прикріпленими до нього кільцевими барботерами 11, газорозподільною решіткою 12, відбивним зонтом 13, для відділення крапель соку сепаратором крапель 14, паровим барботером 15 для гашення піни, контрольним ящиком 16 та спускним патрубком 17.

Дефекований сік через патрубок 6 подається на розподільник 3 і стікає з нього у вигляді циліндричного зонтоподібного струменя на насадку 4 верхнього ярусу. Потім сік перетікає двома потоками через переливні борти 9. При цьому відбувається першоетапне подвоєння периметрів сокозливів,

що збільшує площу контакту фаз сік-газ. Потім сік поступово потрапляє на насадки нижчерозміщених ярусів. При перетіканні соку з одного ярусу насадок на інший відбувається послідовне підвищення периметрів сокозливів, а також площі контакту фаз. Сатураційний газ через кільцеві барботери 11 надходить під шар соку. Піднімаючись в гору, бульбашки газу проходять через газорозподільчу решітку 12, при цьому відбувається їх диспергування. За рахунок цього в сатураторі досягається значна поверхня контакту фаз та інтенсивне перемішування рідини з газом, що приводить до збільшення коефіцієнта використання сатураційного газу.

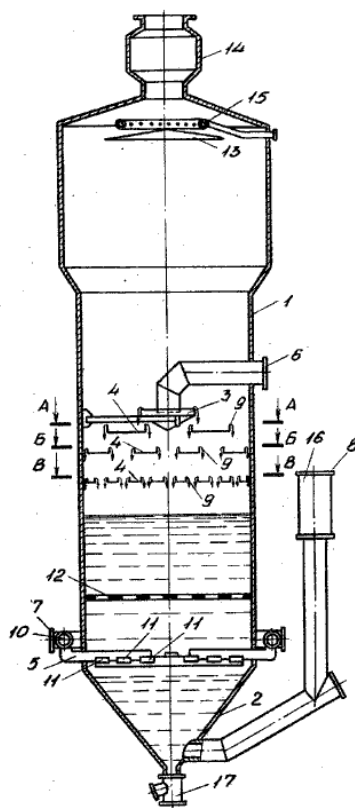


Рис. 1.9 Сатуратор з насадками

1 – циліндрична частина; 2 – конічне днище; 3 – розподільник соку; 4 – насадки; 5 – газорозподільний пристрій; 6 – патрубок подачі соку, 7 – патрубок подачі газу; 8 – патрубок відведення соку; 9 – борт; 10 – колектор; 11 – барботер; 12 – газорозподільча решітка; 13 - відбивний зонт; 14 – сепаратор; 15 – паровий барботер; 16 – контрольний ящик; 17 – спускний патрубок

Решітчастий безбарботерний сатуратор (рис. 1.10) є типовим апаратом, що використовується на цукрових заводах для обробки соку сатураційним газом. Він складається з циліндричного корпусу 1, конічного днища 2, розширеної верхньої частини 3 для піни. Дефектований сік надходить в корпус апарата по трубі 4 та розподільчій тарілці 5, а відсатурований сік виходить по трубі 6 через переливний ящик 7. При відкритті вентиля 8 апарат звільняється від рідини.

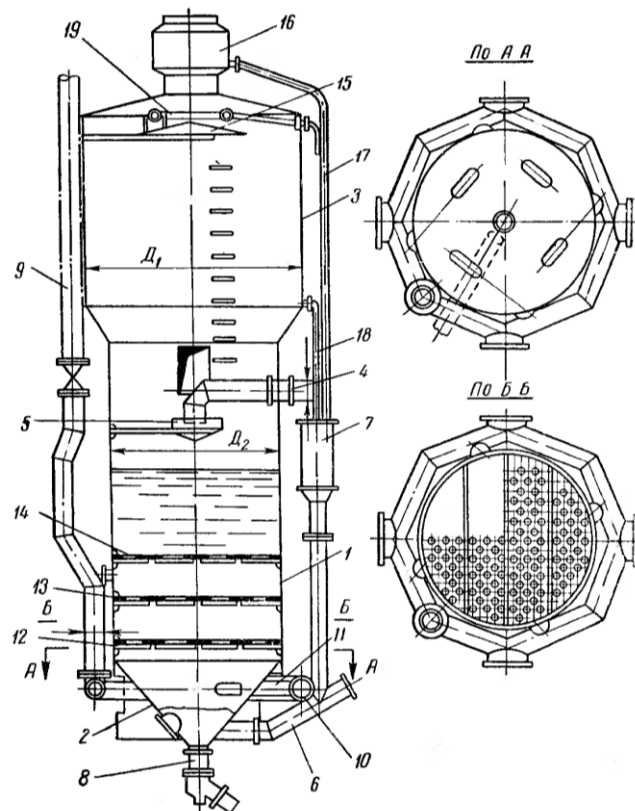


Рис. 1.10 Решітчастий безбарботерний сатуратор

- 1 – корпус; 2 – днище; 3 – розширена частина; 4, 6, 9 – труби;
 5 – розподільча тарілка; 7 – переливний ящик; 8 – вентиль; 10 – кільцева труба; 11 – вітки; 12, 13, 14 – перегородки; 15 – відбивний зонтик;
 16 – пастка; 17, 18 – сигнальні трубки; 19 – пристрій для гасіння піни

Сатураційний газ надходить по трубі 9 в кільцеву трубу 10, а з неї по чотирьом віткам 11 всередину сатуратора. В корпусі сатуратора встановлено

три перегородки 11, 12 і 13 для рівномірного розподілення газу по периметру апарата та збільшення часу контакту фаз. В верхній частині сатуратора встановлений відбивний зонт 15 та пастка 16 для вловлювання бризок соку. Для визначення рівня піни передбачено сигнальні трубки 17 та 18. Для зменшення рівня піни в апараті встановлено спеціальний пристрій 19, в який подають пар, котрий її розбиває.

На багатьох цукрових заводах встановлено саме решітчасті безбарботерні сатуратори. Досвід роботи цих сатураторів показав, що коефіцієнт використання CO₂ становить 55 – 60%, а іноді доходить до 50%.

Отже, низький коефіцієнт використання CO₂ гальмує обробку соку та знижує продуктивність заводу. Змушує витратити на процес більше сатураційного газу, що в свою чергу примушує форсувати роботу вапновипалювальних печей, збільшувати витрати палива. Значні викиди невикористаного CO₂ з сатураційного газу в атмосферу мають негативний вплив на навколишнє середовище.

В зв'язку з цим, метою даної магістерської роботи є інтенсифікація процесу карбонізації дефекованого соку. За прототип обладнання взято інноваційний каскадний сатуратор [8].

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Важливою характеристикою функціонування технологічного процесу сатурації є ступінь використання CO_2 із сатураційного газу. Чим вище ступінь використання CO_2 , тим менші витрати сатураційного газу для досягнення однакового ступеня карбонізації вапна. Сучасні сатуратори, в зв'язку з недоліками їх конструкції, експлуатують з відносно низькими показниками використання CO_2 , що призводить до перевитрат вапняку і палива, збільшення тривалості сатурації, зниження продуктивності всієї станції дефекосатурації.

При підвищенні продуктивності цукрових заводів в останні два десятиліття стали використовувати сатуратори великої продуктивності з великим робочим об'ємом дефекованого соку, висота якого в апараті змінюється в межах 3 – 6 м.

Використання об'ємів соку різної висоти в сатураторі призводить до збільшення (чи зменшення) витрат енергії на підведення сатураційного газу в сатуратори. В одних випадках це забезпечує високий коефіцієнт використання CO_2 при більших висотах, і зменшення при менших висотах. Такий режим роботи обладнання сокоочисного відділення призводить до необхідності змінного режиму роботи вапновипалювальних печей. Неритмічна робота печей призводить до збільшення витрати палива на випалювання вапняку і отримання вуглекислого газу.

З ціллю встановлення впливу рівня соку в сатураторі на коефіцієнт використання CO_2 Вороною Л. Г. з Всесоюзного науково дослідного інституту цукрової промисловості було створено експериментальну установку, схема якої представлена на рис. 2.1.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Методика проведення досліджень	201990.MP.01.002.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

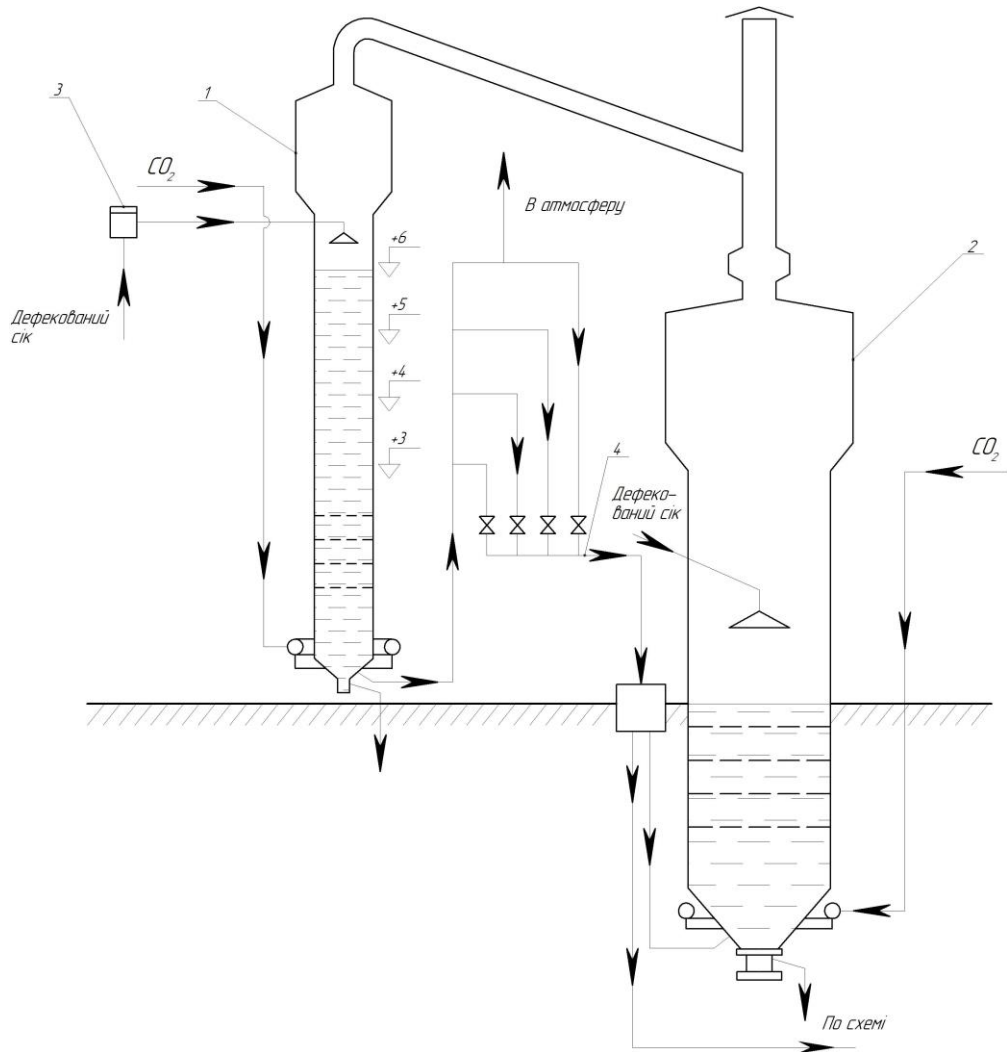


Рис. 2.1 Схема установки дослідного сатуратора

1 – дослідний сатуратор; 2 – заводський сатуратор; 3 – витратомір; 4 – колектор підтримки рівня соку

Дослідний сатуратор має висоту 10 м та діаметр 1 м. В залежності від рівня соку в сатураторі, його продуктивність змінюється в межах 19,9 – 24,4 м³/год, що відповідає часу перебування соку в апараті 11,6 – 11,7 хв. Надходження дефекованого соку в сатуратор 1 регулюється витратоміром 3. Відсатурований сік відводиться через колектор 4 в контрольний ящик заводського сатуратора 2. Відкриванням відповідних вентилів колектору 4 встановлюється необхідний рівень соку в дослідному сатураторі.

Поряд з цим, необхідно також дослідити кінетику масообміну і хімічних реакцій, а також гідродинамічну обстановку в сатураторі.

3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Дослідження роботи сатуратора при рівні соку 3 – 6 м дозволили отримати важливі результати, такі як: межі зміни лужності, концентрації CO₂ в сатураційному газі та середні значення коефіцієнтів використання вуглекислого газу. Результати досліджень наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Результати експериментальних досліджень

Рівень соку в сатураторі, м	Продуктивність сатуратора, м ³ /год	Лужність, % СаО		Вміст CO ₂ в газі, %		Середній коефіцієнт використання CO ₂ , %	Час сатуравання, хв	Тиск газу перед сатурацією, МПа
		Дефектованого соку	Сатураційного соку	У газі, що надходить	У газі, що виходить			
3	11,9	3,1 – 1,9	0,12 – 0,065	30 – 32	16 – 6	63	11,7	0,3
4	16,1	2,7 – 1,8	0,12 – 0,05	31 – 23,5	11,5 – 7	71	11,7	0,4
5	20,3	2,3 – 1,6	0,15 – 0,055	31 – 22	5,5 – 1	90	11,6	0,5
6	24,4	3,3 – 2,2	0,12 – 0,055	33 – 28	4 – 1	94	11,6	0,6

На основі результатів експериментальних даних побудовано графік залежності коефіцієнта використання CO₂ від рівня соку в решітчастому сатураторі (рис. 3.1).

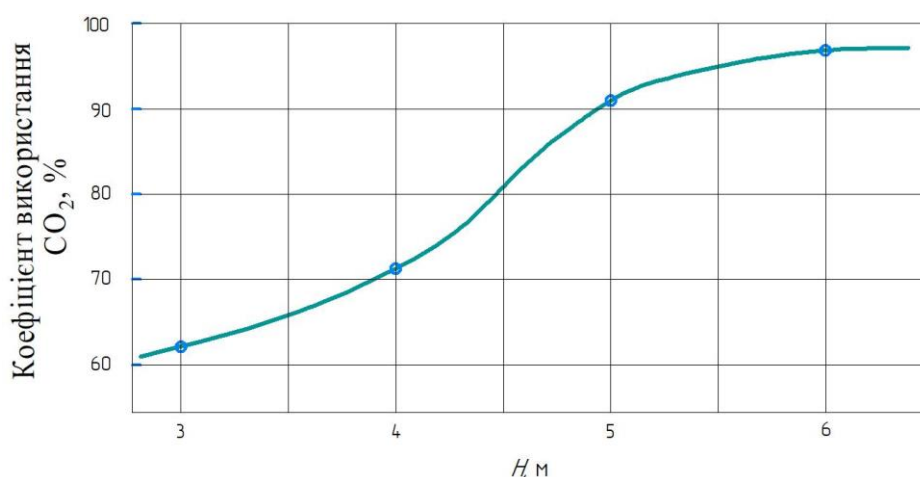


Рис. 3.1 Залежність коефіцієнта використання CO₂ від рівня соку в сатураторі

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Дослідна частина та узагальнення результатів		201990.MP.01.003.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/9

Аналіз даних з табл. 3.1 та рис. 3.1 показує, що збільшення рівня соку приводить до підвищення коефіцієнта використання CO₂. Так, при рівні соку 4,5 м коефіцієнт використання CO₂ становить 81%.

Таким чином, експериментальні дослідження показали, що одним із способів підвищення коефіцієнта використання CO₂ в сатураторі без зміни його конструкції є збільшення рівня соку. Для підвищення коефіцієнта використання CO₂ з сатураційного газу достатньо підвищити рівень соку до 4 – 4,5 м.

Взятий за прототип каскадний сатуратор [8], дозволяє ступенево збільшувати використання CO₂, збільшувати швидкість реакції, в найбільшій степені досягти використання CO₂, що сприяє зменшенню витрат на його одержання. В такому сатураторі між установленими конусними тарілками існують кільцеві зазори, через які основний потік сокогазової суміші засмоктує раніше оброблений сік і додатково насичує його газом.

З гідродинамічної точки зору, ці потоки визначають ефективність процесу, інтенсифікуючи його:

$$E_{\phi} = f(Re, m, h), \quad (3.1)$$

де Re – число Рейнольдса;

m – кількість тарілок;

h – висота шару.

$$Re = \frac{wd}{\nu}, \quad (3.2)$$

де w – швидкість потоку;

d – розмір щілини;

ν – в'язкість суміші.

Інтенсифікація процесу обробки соку досягається за рахунок ступінчатого розділення потоків, в яких при підбраній величині площі кільцевих щілин досягається швидкість руху суміші в межах 0,15 – 0,2 м/с. Цим обґрунтовується величина d .

Найбільш ефективно процес сатурації відбувається при в'язкості 0,08 – 0,088 Па·с, яка спостерігається при концентрації CaO в розчині 2,5% та рН соку 11,55 – 11,61 (рис. 3.2).

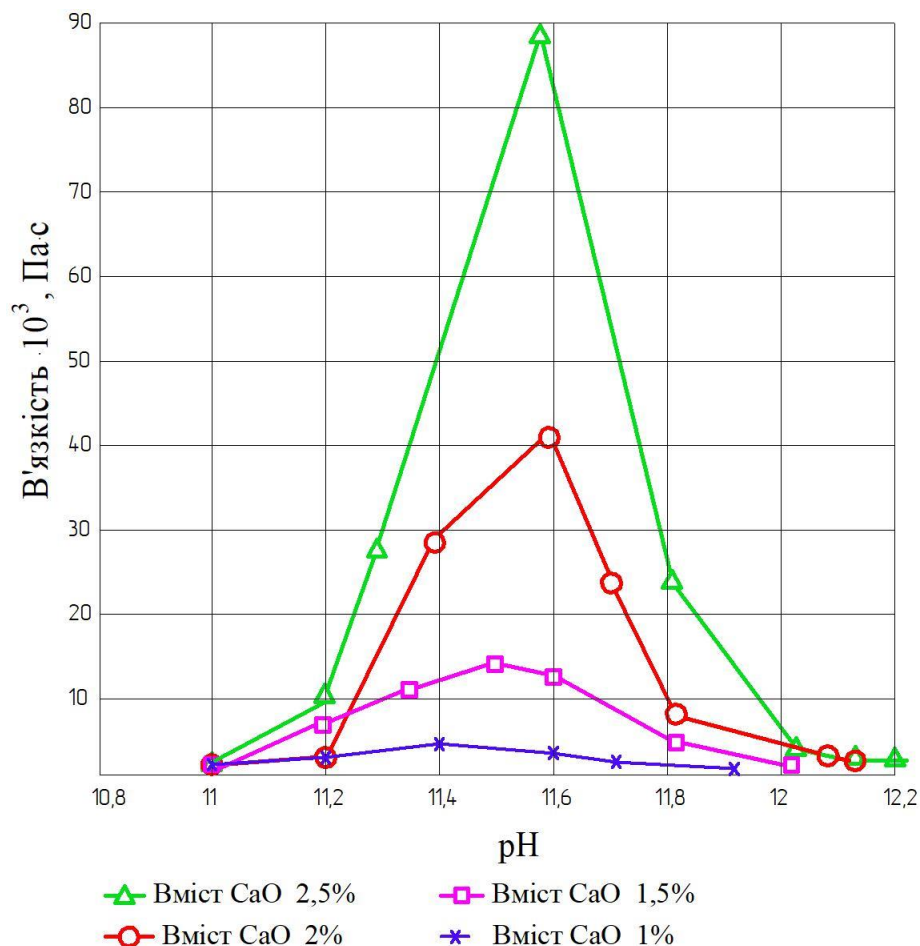


Рис. 3.2 Зміна в'язкості системи під час сатурації вапняно-цукрових розчинів в залежності від рН [9]

Приведені на рис. 3.2 результати свідчать, що з підвищенням вмісту гідроксиду кальцію у вихідному розчині зростає величина максимальної в'язкості системи.

Вплив концентрації гідроксиду кальцію у вихідному цукровому розчині на в'язкість системи пояснюється кількістю утворених часток карбонату кальцію, а також вмістом вільної води в системі. З підвищенням концентрації гідроксиду кальцію, внаслідок зростання коефіцієнта

перенасичення, збільшується вміст карбонату кальцію в розчині на початок утворення його частинок. Зростання вмісту твердої фази сприяє підвищенню в'язкості. Зі зростанням вмісту твердої фази збільшується кількість зв'язаної води, що також приводить до підвищення в'язкості системи.

Зменшення максимальної в'язкості системи в бік менших величин рН при зменшенні концентрації гідроксиду кальцію у вихідному розчині пояснюється тим, що при цьому пізніше досягається необхідна для утворення центрів кристалізації величина коефіцієнта перенасичення карбонату кальцію.

В свою чергу рН соку впливає на ступінь видалення нецукрів (аніонів кислот, барвних речовин, залишкових білкових сполук), що видно з рис. 3.3.

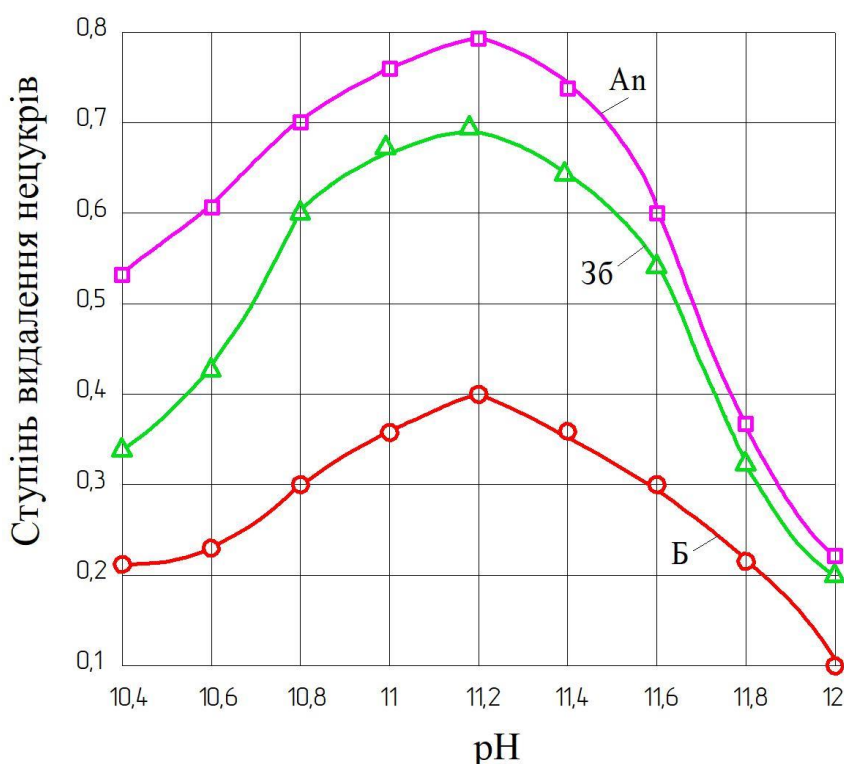


Рис. 3.3 Ступінь видалення нецукрів в залежності від кінцевого рН соку [10]

Аналіз приведених результатів дозволив встановити, що високий ступінь адсорбційного видалення аніонів кислот (An), барвних речовин (Зб) і залишкових білкових сполук (Б) досягається при рН 10,8 – 11,4. Найвище

видалення аніонів кислот (79 %), барвних речовин (68 %) та залишкових білкових сполук (40 %) досягається при $pH = 11,2$ – у точці оптимуму. Вихід за діапазон $pH 10,8 - 11,4$ призводить до значного погіршення якості очищення соку. Таким чином, підтримка pH на оптимальному рівні дозволяє досягти максимального ступеня адсорбційного видалення нецукрів.

На швидкість абсорбції CO_2 вапняно-цукровими розчинами значно впливає температура. Графік залежності швидкості абсорбції CO_2 вапняно-цукровими розчинами різної концентрації від температури представлено на рис. 3.4.

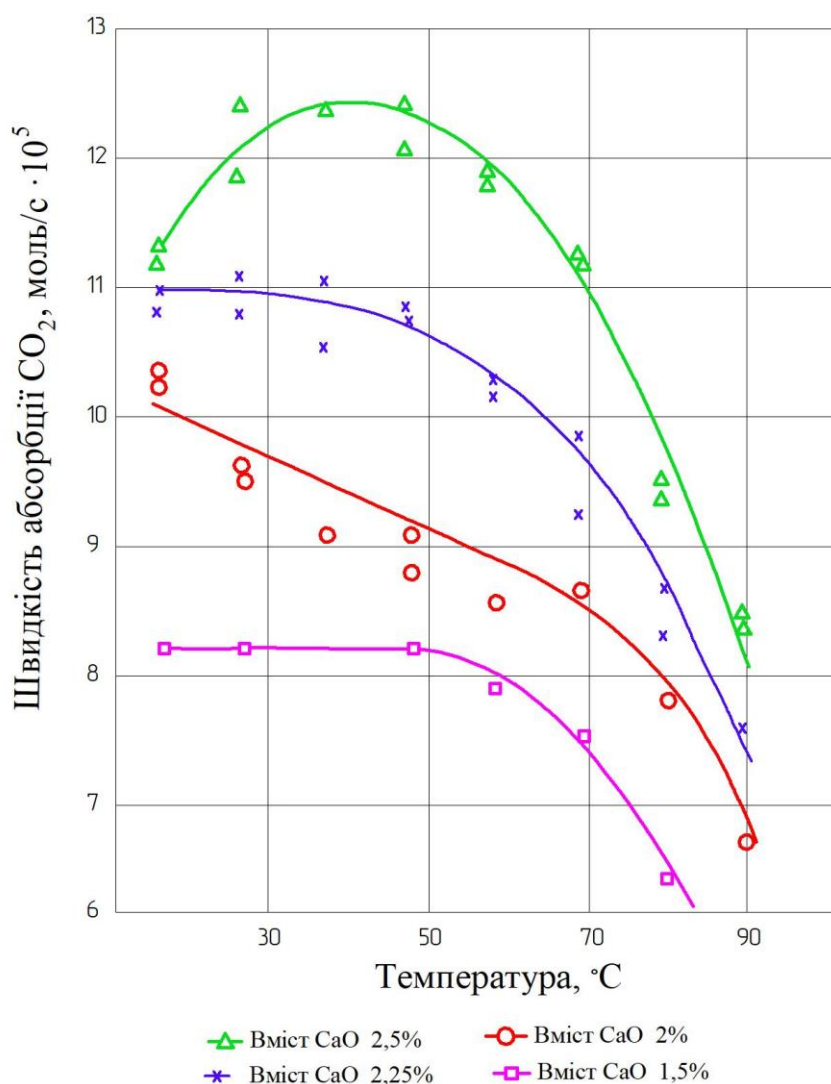


Рис. 3.4 Залежність швидкості абсорбції CO_2 вапняно-цукровими розчинами від температури [9]

Аналіз приведених на рис. 3.4 результатів показує, що при збільшенні вмісту гідроксиду кальцію в розчині збільшується швидкість поглинання діоксиду вуглецю. Відмітимо, що за температур 20 – 40 °С концентрація гідроксиду кальцію в розчині зростає зі збільшенням кількості доданого вапна.

З підвищенням температури абсорбції зменшується концентрація гідроксиду кальцію в розчині та парціальний тиск діоксиду вуглецю в шарі газового середовища біля поверхні поділу фаз. Це спричиняє зменшення швидкості поглинання CO₂. Однак, у розчині, що містить 2,5% CaO, з підвищенням температури до 40 °С відбувається підвищення швидкості поглинання діоксиду вуглецю, яке пояснюється збільшенням величини коефіцієнта дифузії CO₂. Після проходження максимуму вирішальний вплив на швидкість поглинання CO₂ починають мати зменшення концентрації гідроксиду кальцію в розчині та розчинність діоксиду вуглецю.

Оскільки сатураційний газ у сатуратор подається температурою 40 – 60 °С, то за час проходження через шар соку в апараті він нагрівається до температури близько 80 °С та насичується водяною парою. При цьому на зустріч потоку CO₂ до поверхні поділу фаз рухається потік водяної пари, який створює опір поглинанню діоксиду вуглецю рідиною. Наслідком насичення сатураційного газу водяною парою є зменшення швидкості поглинання CO₂ та ступеня його використання, що спостерігається при підвищенні температури.

Поряд з умовами проведення сатурації, на швидкість процесу та коефіцієнт використання CO₂ суттєвий вплив має гідродинамічна обстановка в сатураторі. До основних гідродинамічних характеристик газорідинної системи відносяться: поверхня контакту фаз, розмір газових пазирів, газовміст, швидкість руху взаємодіючих фаз, висота соку в сатураторі (висота барботажного шару).

Відомо, що питома швидкість хімічної абсорбції CO₂ знаходиться у прямопропорційній залежності з питомою поверхнею контакту фаз. При цьому загальна поверхня контакту фаз в газорідній системі являє собою сумарну поверхню всіх газових пазирів, що знаходяться в даний момент в контакті з рідкою фазою.

Тривалий час газорозподіл у сатураторах здійснювався з використанням решіток (решітчастий сатуратор), що не дозволяло досягти рівномірного розподілення газу по перерізу апарата та високого коефіцієнта використання CO₂.

Ефективним технічним рішенням для рівномірного розподілення газу по периметру сатуратора стало використання барботерів. В умовах роботи барботажного сатуратора має місце барботажний режим при таких навантаженнях, коли газ рухається в рідині з приведеною швидкістю 0,25 – 0,3 м/с і питомим газовмістом до 0,5. Критична швидкість сатураційного газу, вище якої в газорідній системі спостерігається турбулентний режим барботажної абсорбції CO₂ з різким зростанням ступеня перемішування, настає при приведеній швидкості газу 0,05 – 0,06 м/с. В зв'язку з цим, гідродинамічний режим перемішування соку барботуючими пазирями газу повинен наближатися до режиму повного перемішування, оскільки приведена швидкість сатураційного газу в робочій зоні сатуратора в декілька разів перевищує критичне значення.

На жаль, недоліком барботерів є відкладання солей на їх поверхнях, що призводить до загоряння отворів барботажних труб. Це створює додатковий опір проходженню сатураційного газу, не забезпечується рівномірний розподіл газу по перерізу апарата. В зв'язку з цим пропонується над барботажними трубками встановити самоочисний газорозподільний пристрій з кутників та еластичних накладок. Такий пристрій забезпечить краще розподілення CO₂ по периметру апарата, інтенсивне перемішування газу з

рідиною, постійне оновлення поверхні контакту і скидання осаду за рахунок коливання еластичних накладок.

За умов перемішування відбувається постійне оновлення поверхні контакту фаз, що сприяє збільшенню коефіцієнта масовіддачі в рідинному середовищі, і відповідно, збільшенню коефіцієнта використання CO₂. Тому, для додаткового перемішування фаз в корпус сатуратора встановлюють циркуляційний пристрій. Таким пристроєм, зазвичай, є циліндрична труба. При роботі сатуратора, в середині циркуляційної труби утворюється рідинно-газова суміш, густина якої є меншою за густину суміші з зовні труби. За рахунок цього суміш з простору між зовнішньою поверхнею труби і внутрішньою поверхнею корпусу сатуратора рухається в середину такого циркуляційного пристрою.

Однак, такий циркуляційний пристрій не забезпечує інтенсивного перемішування фаз, оскільки труба є гладкою та суцільною. Тому, для підвищення інтенсивності перемішування рідинно-газової суміші в апараті, над самоочисним газорозподільчим пристроєм встановлюється каскадний рециркулюючий пристрій у вигляді ряду конічних кілець з кільцевими щілинами між їх рядами. При роботі сатуратора сатураційний газ барботується в рідину та піднімається вгору через шар соку в каскадному рециркулюючому пристрої. Швидкість висхідного потоку соку в такому пристрої збільшується за рахунок появи в ньому бульбашок газу. Збільшення швидкості руху газорідинної суміші приводить до підсмоктування соку із зовнішнього контуру у внутрішній простір пристрою через кільцеві щілини. За рахунок цього виникає багаторазова (ступінчата) циркуляція соку з його додатковою обробкою сатураційним газом у внутрішньому просторі каскадного рециркулюючого пристрою. Позитивний ефект ступінчатої обробки соку досягається за рахунок інтенсифікації процесу і підвищення коефіцієнта використання CO₂ (рис. 3.5).

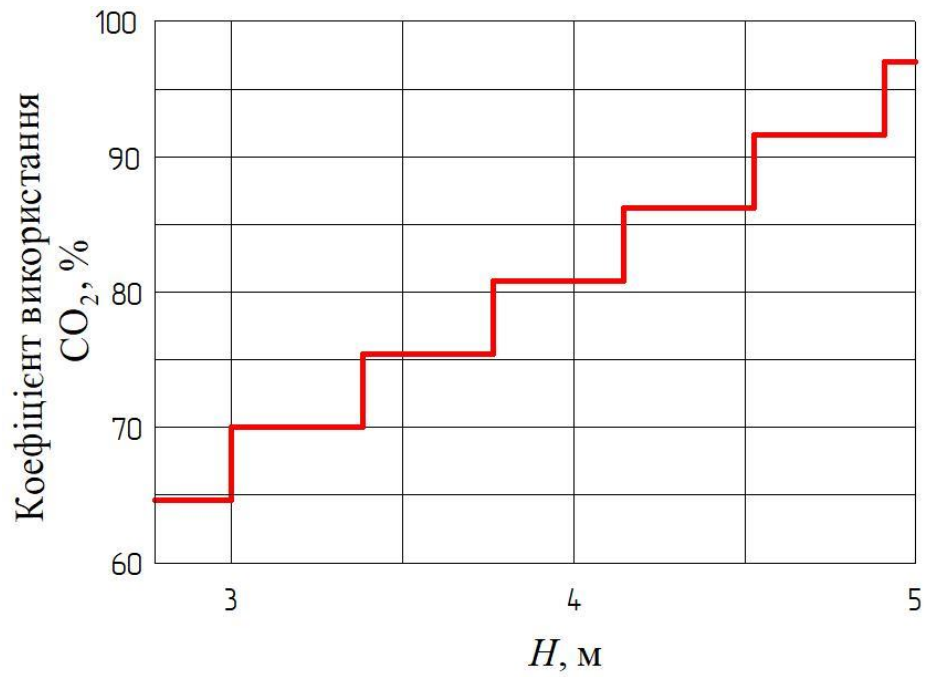


Рис. 3.5 Залежність коефіцієнта використання CO₂ від рівня соку в каскадному сатураторі

Величина коефіцієнта використання CO₂ по висоті барботажного шару зростає від першого до наступного кільця рециркулюючого пристрою.

4. ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Існуюче обладнання для обробки дефекованого соку не забезпечує високого ефекту очищення і високого коефіцієнта використання CO₂. Це створює труднощі при експлуатації фільтраційного обладнання, призводить до забруднення атмосфери невикористаним вуглекислим газом. Проведення як I так і II сатурації відбувається в побідних між собою апаратах, зазвичай, методом барботажу сатураційного газу через шар цукровмісного розчину.

Відомо, що швидкість поглинання CO₂ зростає прямопропорційно підвищенню фактора прискорення абсорбції з наступною хімічною реакцією між діоксидом вуглецю та гідроксидом кальцію в соці [1]. Підвищенням швидкості поглинання вуглекислого газу вирішується не лише одна проблема – зростання ступеню використання CO₂, а і підвищення ефективності роботи сокоочисного відділення – вилучення нецукрів.

Швидкість поглинання діоксиду вуглецю підвищується при збільшенні коефіцієнта масовіддачі в рідинному середовищі, значення якого, в свою чергу, залежить від багатьох чинників [9, 11].

Виявлено, що найбільш ефективним способом для підвищення коефіцієнта масовіддачі та швидкості поглинання CO₂ соком є зростання частоти оновлення поверхні поділу фаз за рахунок інтенсифікації перемішування соку в сатураторі.

Швидкість поглинання CO₂ та ступінь його використання підвищуються зі збільшенням питомої поверхні контакту фаз. Вирішальне значення для її зростання має підвищення газовмісту в сокогазовій суміші та зменшення діаметра газових бульбашок. Одним з шляхів підвищення газовмісту є рівномірний розподіл сатураційного газу по периметру апарата.

Однак, незважаючи на різноманітні технічні рішення, які направлені на

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Обґрунтування модернізації	201990.MP.01.004.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

збільшення питомої поверхні контакту фаз та частоти її оновлення, коефіцієнт використання CO₂ в апаратах I сатурації становить 60 – 70 %, а в апаратах II сатурації – не більше 50 %. В зв'язку виникає потреба в подальшому удосконаленні обладнання.

Враховуючи вищезазначене було здійснено розробку каскадного сатуратора. Згідно запропонованої розробки над барботажними трубками встановлено самоочисний газорозподільний пристрій з кутиків та еластичних накладок, а над ними – каскадний рециркулюючий пристрій у вигляді ряду конічних кілець з кільцевими щілинами між їх рядами. Самоочисний газорозподільний пристрій забезпечує краще розподілення сатураційного газу по периметру апарата і скидання осаду за рахунок коливання еластичних накладок, а рециркулюючий пристрій – додаткову рециркуляцію соку у внутрішній його контур. За рахунок цього відбувається інтенсивне перемішування газу з рідиною, постійне оновлення поверхні контакту. Це збільшує коефіцієнт використання вуглекислого газу і, відповідно, зменшує витрати палива на випалювання вапняку і отримання вуглекислого газу, і, що не менш важливо, знижує негативний вплив на навколишнє середовище при викиді відпрацьованого сатураційного газу в атмосферу з меншим вмістом CO₂.

Необхідно відмітити, що згідно усталених способів компоновки обладнання станції дефекосатурації подача дефекowanego соку в сатуратори з метою зменшення витрат електроенергії ведеться самоплином. При цьому заповнення поперечного перерізу трубопроводу подачі соку відбувається тільки на $\frac{3}{4}$ його площі. Під час коливання продуктивності сатуратора через сегментний канал, який є над рівнем рідини в трубці, можливий перехід сатураційного газу в апарати дефекації, і оскільки вони не герметичні – вихід в приміщення сокоочисного відділення.

З метою усунення забруднення сатураційним газом приміщення, запропоновано подачу соку в сатуратор вести через гідрозатворний пристрій, розташований над пристроєм рециркуляції.

5. УСТРІЙ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

Каскадний сатуратор (рис. 5.1) складається з циліндричного корпусу 1 та конічного днища 2. В середині сатуратора встановлена розподільча тарілка 3 з гідрозатвором (схематично гідрозатвор представлено на рис. 5.2) для дефекованого соку, який подається в сатуратор через трубу 4 та виводиться через трубу 5. Сатураційний газ через труби 6 подається в газорозподільчі трубки 7. Над трубками 7 встановлено кутники 8, до яких за допомогою болтів 9 і гайок 10 прикріплені еластичні накладки 11. Між болтами 10 та еластичними накладками 11 встановлено пружини 12. Вище встановлено каскадний рециркулюючий пристрій 13 у вигляді ряду конічних кілець з кільцевими щілинами між їх рядами, скріплених стояками 14. Рівень соку в сатураторі підтримується переливним ящиком 15. Відпрацьований сатураційний газ через патрубок 16 видаляється в атмосферу.

Принцип роботи каскадного сатуратора (див. рис. 5.1 та 5.3) Дефекований сік по трубопроводу 4 надходить в корпус 1, далі в конусну розподільчу тарілку 3, з якої через гідрозатвор стікає в зону циркуляції соку. Сатураційний газ через труби 6 подається в газорозподільчі трубки 7 і виходить через отвори в них під кутики 8. Це сприяє рівномірному розподіленню сатураційного газу та інтенсивному перемішуванню його з соком. Еластичні накладки 11 прикріплені до кутиків 8 болтами 9 і гайками 10. Між болтами 10 і накладками 11 встановлено пружини 12. Така конструкція кріплення еластичних накладок 11 сприяє їх коливанню і скиданню осаду під час роботи сатуратора.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектвання	201990.MP.01.005.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

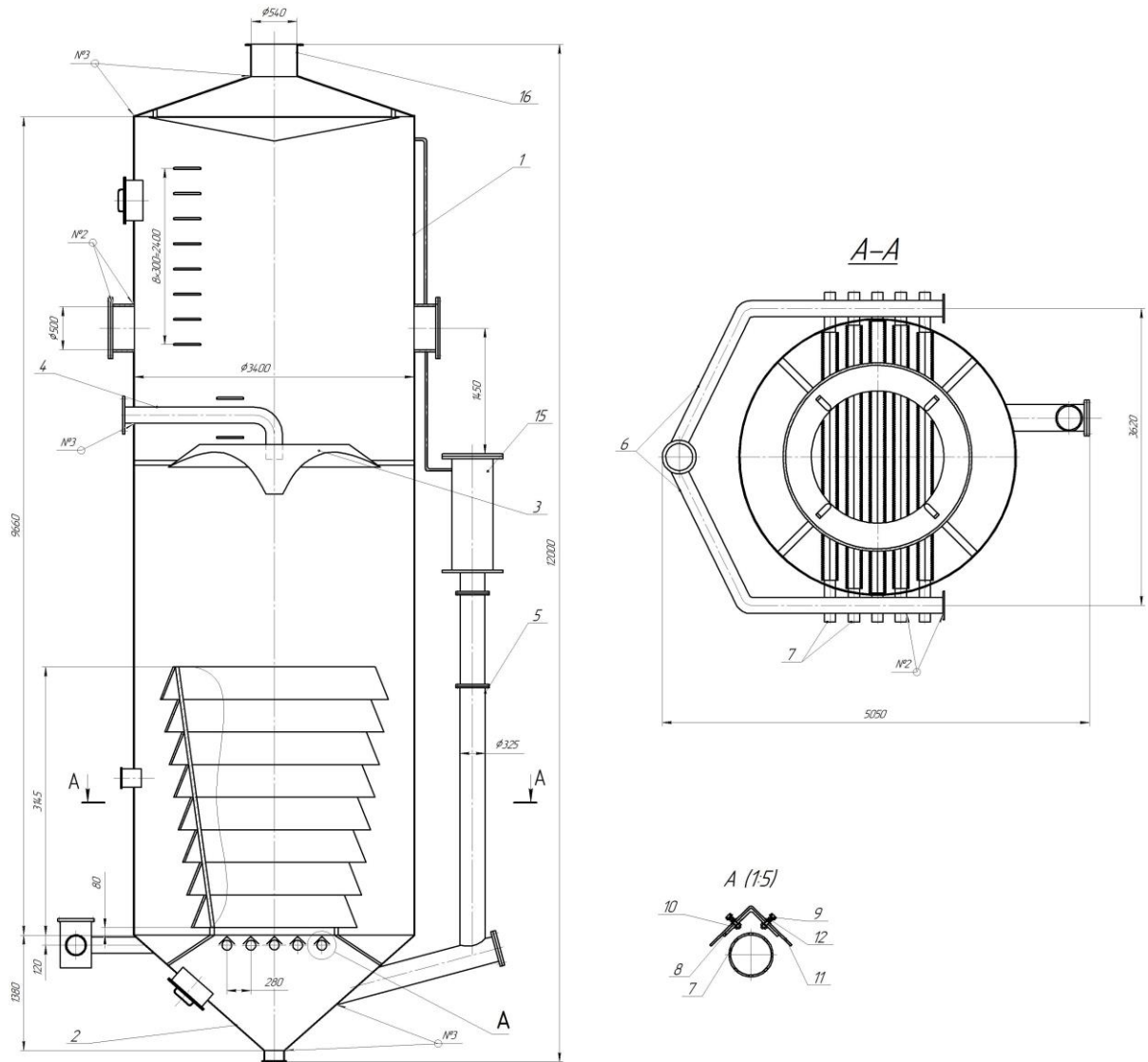


Рис. 5.1 Каскадний сатуратор

1 – циліндричний корпус; 2 – конічне днище; 3 – розподільча тарілка; 4 – труба подачі соку; 5 – труба відведення соку; 6 – труба подачі сатураційного газу; 7 – газорозподільчі трубки; 8 – кутик; 9 – болт; 10 – гайка; 11 – накладка; 12 – пружина; 13 – каскадний рециркулюючий пристрій; 14 – стояк; 15 – переливний ящик; 16 – патрубок відводу газу

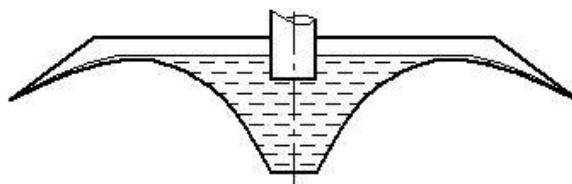


Рис. 5.2 Схема гідрозатвору

Сатураційний газ барботується в рідину та піднімається вгору через шар соку в каскадному рециркулюючому пристрої 13. Швидкість висхідного потоку соку в рециркулюючому пристрої 13 збільшується за рахунок появи в ньому бульбашок газу, що створюють аераційний ефект. Збільшення швидкості руху газорідної суміші приводить до підсмоктування соку із зовнішнього контуру через кільцеві щілини у внутрішній простір пристрою. Таким чином утворюється багаторазова циркуляція соку з його додатковою обробкою сатураційним газом у внутрішньому просторі каскадного рециркулюючого пристрою 13.

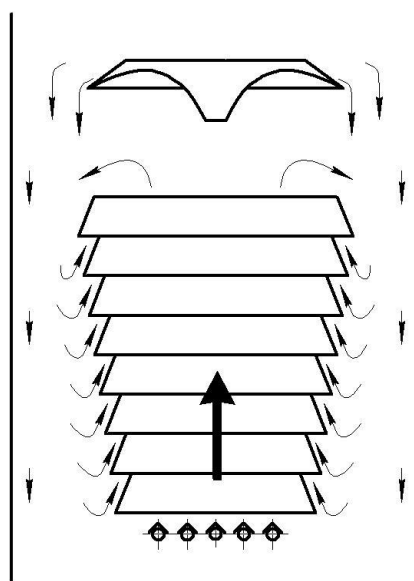


Рис. 5.3 Схема потоків в каскадному сатураторі

За час проходження бульбашок газу через шар соку відбувається процес насичення діоксидом вуглецю дефектованого соку з подальшою його обробкою розчиненим вапном і утворенням карбонату кальцію. Сатурований сік через переливний ящик 15 і трубу 5 відводиться з сатуратора. Сатураційний газ видаляється з апарата через патрубок 16.

Таким чином, розроблений каскадний сатуратор, з рециркулюючим пристроєм і пристроєм для підведення та розподілення сатураційного газу особливої конструкції, забезпечує покращення насичення сатураційним газом дефектованого соку, шляхом додаткової рециркуляції соку у внутрішній

контур каскадного пристрою, що збільшує ефективність використання CO₂ та зменшує його витрати. Еластичні накладки з кутиками сприяють кращому розподіленню сатураційного газу, а їх конструкція кріплення забезпечує коливання накладок і скидання осаду. Гідрозатвор у розподільчій тарілці усуває можливість потрапляння сатураційного газу у виробниче приміщення.

6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розрахунок корпусу сатуратора

Щоб розрахувати корпус його необхідно розділити на окремі зони (рис. 6.1):

- зона 1 – ділянка над рівнем соку і до виходу з корпусу;
- зона 2 – ділянка від конічної частини корпусу до рівня рідини в ньому;
- зона 3 – конічне днище.

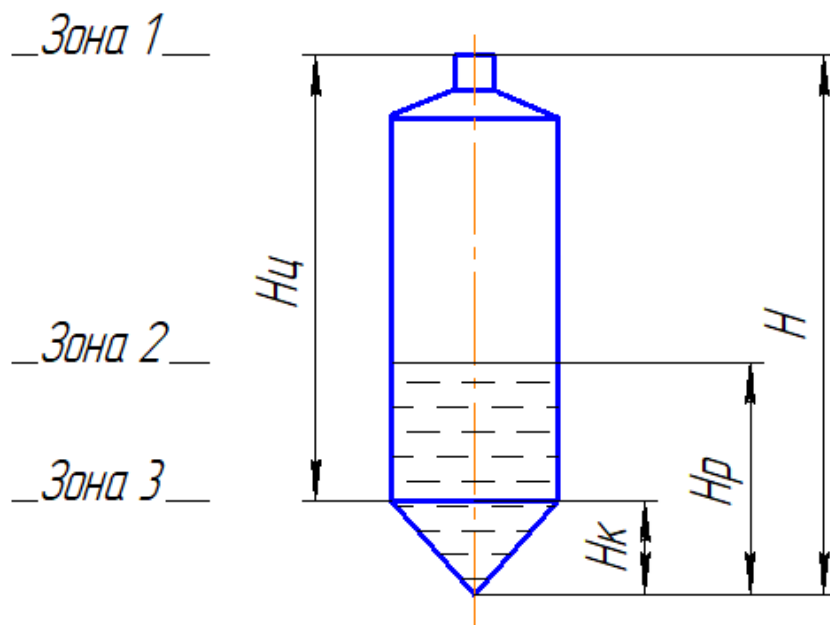


Рис. 6.1 Ескіз корпусу сатуратора

Розрахунок геометричних параметрів корпусу сатуратора.

З технічної характеристики сатуратора взято його загальний об'єм: $V = 85\text{ м}^3$.

Визначимо об'єм конічного днища:

$$V_{\text{к. с.}} = \frac{1}{3} H_{\text{к. с.}} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (6.1)$$

де $H_{\text{к. с.}}$ – висота конічного днища, м;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пушанко М.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Волинська В.В.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	201990.MP.01.006.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/12

D – діаметр корпусу, м.

$$V_{к.с.} = \frac{1}{3} \cdot 1,38 \cdot \frac{3,14 \cdot 3,4^2}{4} = 4,17 \text{ м}^3$$

Звідки об'єм циліндричної частини:

$$V_{ц} = V - V_{к.с.} \quad (6.2)$$

$$V_{ц} = 85 - 4,17 = 80,83 \text{ м}^3$$

Висота циліндричної частини корпусу:

$$H_{ц} = \frac{V_{ц} \cdot 4}{\pi \cdot D^2} \quad (6.3)$$

$$H_{ц} = \frac{80,83 \cdot 4}{3,14 \cdot 3,4^2} = 8,9 \text{ м}$$

Висота рідини в циліндричній частині:

$$H_{р} = \frac{V_{р} \cdot 4}{\pi \cdot D^2}, \quad (6.4)$$

де $V_{р}$ – об'єм рідини в циліндричній частині, м^3 :

$$V_{р} = V_{к.} - V_{к.с.} \quad (6.5)$$

де $V_{к.} = 44 \text{ м}^3$ – корисний об'єм апарата, м^3 (прийнято з технічних характеристик апарата).

Тоді,

$$V_{р} = V_{к.} - V_{к.с.} = 44 - 4,17 = 39,83 \text{ м}^3$$

$$H_{р} = \frac{39,83 \cdot 4}{3,14 \cdot 3,4^2} = 4,39 \text{ м}$$

Висота опор відносно циліндричної частини $H_0 = 0$ – згідно конструктивних особливостей апарата.

Розрахунок напружень, які виникають в апараті.

Розрахунок напружень по кожній зоні виконаємо за формулою Лапласа:

$$\frac{\sigma_{к}}{R_{к}} + \frac{\sigma_{м}}{R_{м}} = \frac{P}{S}, \quad (6.6)$$

де P – сумарний тиск в зоні, Н;

$$P = P_{\text{надл.}} + P_{\text{гс.}} \quad (6.7)$$

$P_{\text{гс.}} = \rho \cdot g \cdot h$ – гідростатичний тиск, Па;

ρ – густина соку, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

h – висота, м;

S – товщина стінки, мм;

R_K – коловий радіус, мм;

R_M – меридіональний радіус, мм;

σ_K – колові напруження, Па;

σ_M – меридіональні напруження, Па.

I зона

В зв'язку з відсутністю надлишкового тиску та рідини $\sigma_K = \sigma_M = 0$.

II зона

$$R_K = \frac{D}{2} = \frac{3.4}{2} = 1,7\text{м}, \quad R_M = \infty.$$

Визначимо σ_K з формули Лапласа:

$$\sigma_K = \frac{P \cdot R_K}{S} = \frac{P \cdot D}{2S} \leq [\sigma]. \quad (6.8)$$

Де,

$$P = P_{гс.} = \rho \cdot g \cdot (H_p - H_0) = 1080 \cdot 9,81 \cdot (6.5 - 0) = 6,9 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Тоді,

$$\sigma_K = \frac{6.9 \cdot 10^4 \cdot 1.7}{2S} = \frac{58650}{S} \text{ Па}$$

Епюру напружень у II зоні представлено на рис. 6.2.

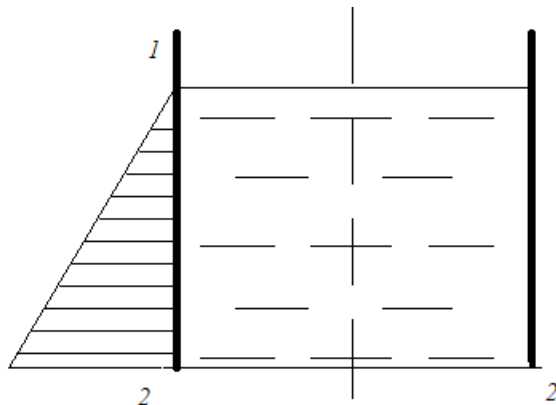


Рис. 6.2 Епюра напружень у II зоні

III зона

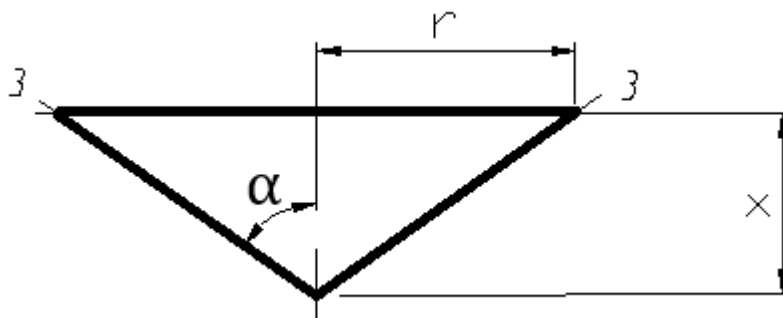


Рис. 6.3 Ескіз конусної частини

Кут розкриття α при вершині конуса:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D/2}{H_{\text{к.с.}}} \quad (6.9)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D/2}{H_{\text{к.с.}}} = \frac{3,4/2}{1,38} = 1,3, \text{ звідки } \alpha = 50.$$

Колові напруження:

$$\sigma_{\text{к}} = \frac{H_{\text{р}} \cdot \gamma \cdot 1,084 \cdot H_{\text{к.с.}}}{S} \quad (6.10)$$

$$\sigma_{\text{к}} = \frac{4,4 \cdot 1,17 \cdot 10^4 \cdot 1,084 \cdot 1,38}{S} = \frac{77010}{S} \text{ Па}$$

Складемо рівновагу сил, що діють в даній зоні:

$$N_{\text{М}} \cdot \cos \alpha - P \cdot \pi \cdot r_{\text{х}}^2 - G_{\text{р}} = 0. \quad (6.11)$$

де $P \cdot \pi \cdot r_{\text{х}}^2 = 0$ – сила надлишкового тиску над поверхнею рідини;

$G_{\text{р}} = \frac{1}{3} \pi \cdot r_{\text{х}}^2 \cdot x \cdot \gamma$ – сила, яку створює маса рідини в даній зоні ($r_{\text{х}} = 1,5 \text{ м}$, $x = 1,3 \text{ м}$).

Підставляючи значення сил у рівняння рівноваги та розв'язавши його відносно $\sigma_{\text{М}}$, визначимо меридіональні напруження:

$$\sigma_{\text{М}} = \frac{\frac{1}{3} \pi \cdot r_{\text{х}}^2 \cdot x \cdot \gamma}{2S \cdot \cos \alpha} \quad (6.12)$$

$$\sigma_{\text{М}} = \frac{\frac{1}{3} 3,14 \cdot 1,7^2 \cdot 1,3 \cdot 1,17 \cdot 10^4}{2S \cdot \cos(50)} = \frac{14580}{S} \text{ Па}$$

За максимальним напруженням визначимо мінімальну товщину стінки апарата.

Матеріалом для виготовлення корпусу апарата є Сталь 3, для якої $[\sigma_B] = 380$ МПа.

Тоді,

$$[\sigma] = \frac{1}{3} [\sigma_B] = \frac{1}{3} \cdot 380 \cdot 10^6 = 126.6 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma_M = \frac{14580}{S} \leq 126.6 \cdot 10^6$$

Звідки,

$$S = \frac{14580}{126.6 \times 10^6} = 0.00011 \text{ м}$$

Оскільки розрахункове значення товщини стінки S становить 0,00011 м, тобто 0,1 мм, то необхідно виконати розрахунок її товщини за іншою методикою. При цьому необхідно прийняти додаткові дані: тиск в апараті при його роботі $p = 0,5$ МПа, коефіцієнт міцності зварних швів $\beta = 0,7$.

Орієнтовну розрахункову товщину стінки апарата визначимо за формулою:

$$\delta_p = p \cdot \frac{D}{2 \cdot \beta \cdot [\sigma]} \quad (6.13)$$

$$\delta_p = 0,5 \cdot 10^6 \cdot 3,4 / (2 \cdot 0,7 \cdot 126,6 \cdot 10^6) = 0,0096 \text{ мм}$$

Прийнявши прибавку на корозію $c = 1$ мм, остаточна товщина стінки буде становити $\delta = 10,6$ мм.

Розрахунок укріплюючого елемента

Дійсний коефіцієнт міцності апарату:

$$k = \delta_p / (\delta - c) \quad (6.14)$$

$$k = 9,6 / (10,6 - 1) = 1.$$

Для розрахунку приймемо $k = 0,95$.

Найбільший діаметр отвору, при якому стінку апарата можна не укріплювати:

$$d_0 = 0,8 \cdot \sqrt[3]{D \cdot \delta_p \cdot (1 - k)}. \quad (6.15)$$

$$d_0 = 0,8 \cdot \sqrt[3]{(3,4 \cdot 0,0096 \cdot (1 - 0,95))} = 0,2 \text{ м} = 200 \text{ мм}.$$

Тобто, отвір для під'єднання патрубку діаметром 325 мм потрібно укріплювати.

Для патрубка приймаєм безшовну гарячекатану трубу зі сталі 20, для якої межа міцності 420 МПа, коефіцієнт запасу міцності становить 3,8.

Допустиме напруження:

$$\sigma = 420 / 3,8 = 110 \text{ МПа}.$$

Розрахункова товщина стінки патрубка:

$$\sigma_{пр} = \frac{0,5 \cdot 106 \cdot 0,325}{2 \cdot 110 \cdot 106 - 0,5 \cdot 106} \approx 0,006 \text{ м}.$$

Приймаємо $\sigma_{пр} = 6$ мм. З урахуванням прибавки на корозію товщина стінки патрубка становитиме 7 мм.

У відповідності з сортаментом вибираємо для патрубка трубу з зовнішнім діаметром 325 мм, товщиною стінки 7 мм і, відповідно, внутрішнім діаметром 311 мм (згідно ГОСТ 8732-78 «Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент»).

Закріплення стінки виконуємо кільцем ззовні апарату. Товщину кільця приймем $\delta_k = 15$ мм.

Площа перерізу кріпильних елементів:

$$F_e = (D_{вн} + 2 \cdot c - d_0) \cdot \delta_p. \quad (6.16)$$

$$F_e = (311 + 2 \cdot 1 - 200) \cdot 7 = 1491 \text{ мм}^2$$

Діаметр зони закріплення:

$$D_3 = 2 \cdot (311 + 2 \cdot 1) = 626 \text{ мм}$$

Висота зони закріплення:

$$H_1 = 2,5 \cdot 14 = 70 \text{ мм}$$

Площа перерізу металу, яка приймає участь в закріпленні отвору:

$$F_3 = [D_K - (d_{пв} + 2 \cdot c)] \cdot \delta_K + [D_3 - (d_{пв} + 2 \cdot c)] \cdot [\delta_K - (\delta_p + c)] + 2 \cdot (H_1 - \delta_K) \cdot [\delta_{п} - (\delta_{пр} + \delta_{пс})]. \quad (6.17)$$

Тоді,

$$F_3 = [D_K - (311 + 2 \cdot 1)] \cdot 15 + [626 - (311 + 2 \cdot 1)] \cdot [15 - (9,6 + 1)] + 2 \cdot (70 - 15) \cdot [7 - (2 + 1)] = 15 \cdot D_K - 5350$$

Діаметр кільця знаходимо з рівності площ:

$$F_e \geq F_y - F_0, \text{ тобто } 1491 = 15 \cdot D_K - 5350,$$

$$D_K = (5350 + 1491) / 15 = 456 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_K = 460$ мм.

Ескіз укріплюючого елемента представлено на рис. 6.4.

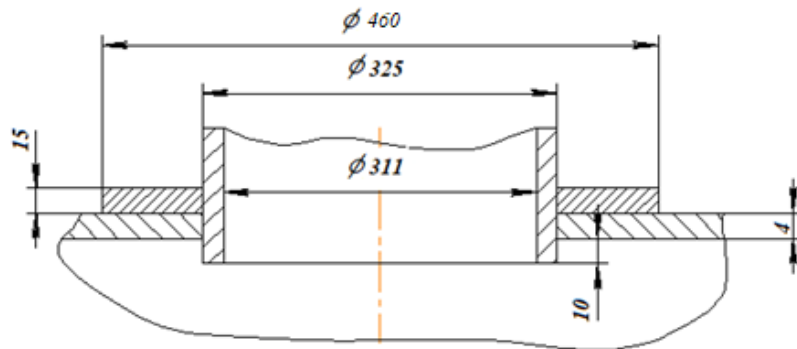


Рис. 6.4 Ескіз укріплюючого елемента

Розрахунок опор

Площа опори:

$$F = \frac{G \cdot g}{[\sigma_\phi] \cdot n}, \quad (6.18)$$

де G – маса апарата з рідиною, кг;

$[\sigma_\phi] = 2$ МПа – допустиме напруження для фундаменту;

$n = 4$ – кількість опор (приймаємо конструктивно).

$G_p = V_p \cdot \rho = 44 \cdot 1080 = 47520$ кг – маса рідини в апараті;

$G_a = 11100$ кг – маса апарата (взято з технічної характеристики апарата);

Тоді:

$$G = G_p + G_a = 47520 + 11100 = 58620 \text{ кг}$$

Отже,

$$F = \frac{58620 \cdot 9,81}{2 \cdot 10^6 \cdot 4} = 0,072 \text{ м}^2$$

Визначаємо геометрію опор:

$$A = 0,9\sqrt{F} = 0,9 \cdot \sqrt{0,072} = 0,240 \text{ м} = 240 \text{ мм};$$

$$a = A - 0,02 = 0,24 - 0,02 = 0,22 \text{ м} = 220 \text{ мм};$$

$$h = 1,75 \cdot a = 1,75 \cdot 0,22 = 0,385 \text{ м} = 385 \text{ мм};$$

$$I = \sqrt{A^2 + h^2} = \sqrt{0,24^2 + 0,385^2} = 0,453 \text{ м} = 453 \text{ мм};$$

$$c = \frac{F}{a} = \frac{0,072}{0,22} = 0,330 \text{ м} = 330 \text{ мм};$$

$$B = 0,9 \cdot c = 0,9 \cdot 0,33 = 0,298 \text{ м} = 298 \text{ мм}.$$

Визначимо товщину ребра опор:

$$\delta = \frac{2,24 \cdot G \cdot g}{n \cdot k \cdot m \cdot [\sigma_{\text{ст}}] \cdot A}, \quad (6.19)$$

де $k = 0,2 - 0,25$ - коефіцієнт, котрий залежить від гнучкості ребра по його гіпотенузі;

$m = 2$ - кількість ребр в кожній опорі;

$[\sigma_{\text{ст}}] = 100 \text{ МПа}$ - допустиме напруження при стисненні для салі Ст3.

Тоді,

$$\delta = \frac{2,24 \cdot 58620 \cdot 9,81}{4 \cdot 0,25 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 0,24} = 0,027 \text{ м} = 27 \text{ мм}$$

Гнучкість ребра по його гіпотенузі:

$$\lambda = \frac{I}{0,289 \cdot \delta} = \frac{0,453}{0,289 \cdot 0,027} = 58$$

При розрахунку повинна задовольнятися умова: $k_p \geq k$.

$$k_p = 0,6 + 0,404 \cdot \cos(\lambda - 9,46). \quad (6.20)$$

$$k_p = 0,6 + 0,404 \cdot \cos(58 - 9,46) = 0,86$$

$k_p = 0,86 \geq k = 0,25$, отже, умова задовольняється.

Визначимо катет зварних швів:

$$K_{зв} = \frac{G \cdot g}{n \cdot 0,7 \cdot [\sigma_{зв}] \cdot L}, \quad (6.21)$$

де L – загальна довжина всіх зварних швів у вертикальному положенні, м;

$$L = h \cdot 2 \cdot m = 0,385 \cdot 2 \cdot 2 = 1,54 \text{ м};$$

$[\sigma_{зв}] = 80 \text{ МПа}$ – допустиме навантаження зварного шва.

$$K_{зв} \geq \frac{58620 \cdot 9,81}{4 \cdot 0,7 \cdot 80 \cdot 10^6 \cdot 1,54} = 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 16,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $K_{зв} = 20 \text{ мм}$.

Ескіз опор апарата представлено на рис. 6.5.

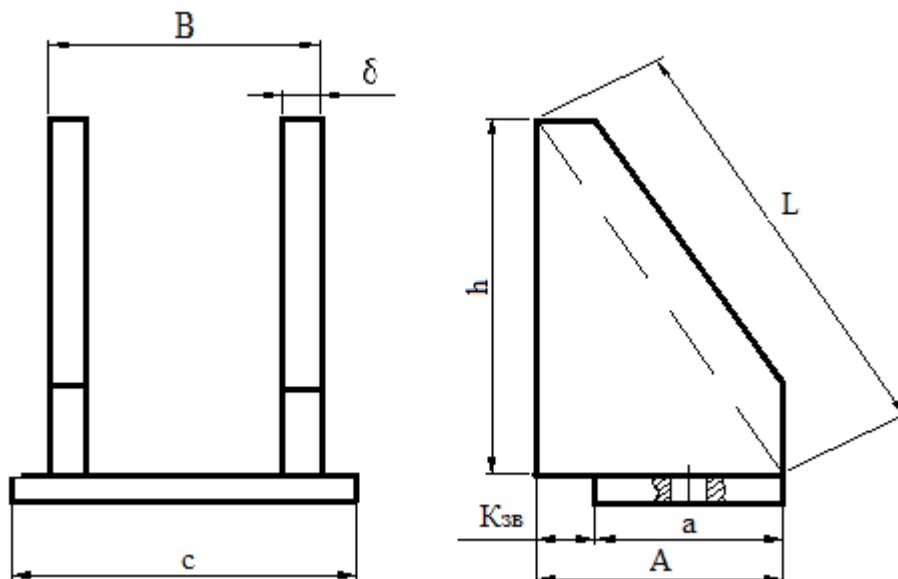


Рис. 6.5 Ескіз опор апарата

Гідравлічний розрахунок технологічних трубопроводів та вибір насоса

Розрахуємо всмоктувальний і нагнітальний трубопровід для перекачування нефільтрованого соку в сатуратор І сатурації.

Складемо рівняння балансу енергії для проведення розрахунку:

$$\frac{P_1}{\rho g} + H = Z_1 + Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + h_w^I + h_w^{II}. \quad (6.22)$$

З цього рівняння:

$$H = Z_1 + Z_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_w^I + h_w^{II}, \quad (6.23)$$

де Z_1 – висота всмоктування, м;
 Z_2 – висота нагнітання, м;
 P_1 – тиск у сатураторі, МПа;
 P_2 – тиск у нагнітальному апараті, МПа;
 h_w^I, h_w^{II} – втрати напору у всмоктувальному і нагнітальному трубопроводах.

Для розрахунку втрат напору визначимо діаметр труб.

Технічна продуктивність всмоктувальних та нагнітальних трубопроводів визначається з рівняння продуктивності апарата:

$$A = \frac{86400 \cdot \pi \cdot 100 \cdot D^2 \cdot u \cdot \rho}{4 \cdot k \cdot a}, \quad (6.24)$$

звідки,

$$D = \sqrt{\frac{4A \cdot k \cdot a}{86400 \cdot \pi \cdot 100 \cdot u \cdot \rho}}, \quad (6.25)$$

де A – продуктивність заводу, т/добу;
 u – швидкість руху соку в трубопроводі, м/с;
 ρ – густина нефільтрованого соку, т/м³;
 k – коефіцієнт нерівномірності подачі соку;
 a – кількість перекачаного соку до маси буряків.

Тоді, діаметр всмоктувального трубопроводу становитиме:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000 \cdot 1,12 \cdot 180}{86400 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 0,8 \cdot 1,08}} = 0,32 \text{ м}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000 \cdot 1,12 \cdot 180}{86400 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 1,4 \cdot 1,08}} = 0,24 \text{ м,}$$

Приймаємо у відповідності з ГОСТ 8732 – 78 «Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент» діаметр всмоктувального трубопроводу $D_1 = 325$ мм та діаметр нагнітального трубопроводу $D_2 = 245$ мм.

Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі:

$$h_w^I = h_1 + h_r = \frac{u^2}{2g} (\lambda_1 \frac{l_1}{D_1} + \sum \zeta_1), \quad (6.26)$$

де λ_1 – коефіцієнт опору тертя;

l_1 – довжина трубопроводу, м;

$\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів для всмоктувальної гілки.

Коефіцієнт опору тертя визначимо з формули Маннінга:

$$\lambda_1 = \frac{a}{\sqrt[3]{D_1}}, \quad (6.27)$$

де a – коефіцієнт, що залежить від стану труб (для нових труб $a = 0,0125$).

$$\lambda_1 = \frac{0,0125}{\sqrt[3]{0,32}} = 0,018$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів для всмоктувальної мережі:

$$\sum \zeta_1 = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4, \quad (6.28)$$

де ζ_1 – вхід в циліндричну трубу під кутом 90° ;

ζ_2 – вихід з труби під рівнем рідини;

ζ_3 – плавний поворот на кут 90° ;

ζ_4 – коефіцієнт опору вентиля.

$$\sum \zeta_1 = 0,5 + 1 + 0,43 + 5,4 = 7,24$$

Тоді,

$$h_w^I = \frac{0,8^2}{2 \cdot 9,81} \left(0,018 \cdot \frac{4}{0,32} + 7,24 \right) = 0,24 \text{ м}$$

Втрати напору в нагнітальному трубопроводі:

$$h_w^{II} = h_2 + h_r = \frac{u_2^2}{2g} (\lambda_2 \frac{l_2}{D_2} + \sum \zeta_2), \quad (6.29)$$

де λ_2 – коефіцієнт опору тертя;

l_2 – довжина трубопроводу, м;

$\sum \zeta_2$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів для нагнітальної гілки.

Коефіцієнт опору тертя:

$$\lambda_2 = \frac{a}{\sqrt[3]{D_2}} = \frac{0,0125}{\sqrt[3]{0,245}} = 0,02$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів для нагнітальної мережі:

$$\sum \zeta_2 = \zeta_1 + \zeta_2 \quad (6.30)$$

де ζ_1 – коефіцієнт місцевого опору плавного повороту на кут 90° труби;

ζ_2 – коефіцієнт опору вентиля;

Оскільки два повороти, то ζ_1 беремо двічі.

$$\sum \zeta = 2 \cdot 0,43 + 5,4 = 6,26$$

Тоді,

$$h_w^{\text{II}} = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,81} \left(0,02 \cdot \frac{10,5}{0,245} + 6,26 \right) = 0,71 \text{ м}$$

Повний напір:

$$H = 2 + 10,5 + \frac{(0,5-0,3) \cdot 10^6}{1080 \cdot 9,81} + 0,24 + 0,71 = 31,32 \text{ м.}$$

За розрахованим напором H і заданою подачею $Q = 48,5$ л/с підбираємо насос. Для даних умов роботи підходить насос ОНЦ1-18/32М, який має наступні технічні характеристики: потужність двигуна – 5,5 кВт, частота обертання валу двигуна 3000 об/хв, подача – не менше 32 м

7. ПІДБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

При виробництві обладнання для харчової промисловості використовуються різні конструкційні матеріали: металеві, неметалеві та композиційні. Коротко розглянемо їх.

Металеві матеріали. До них відносяться всі метали та їх сплави. Серед них можна виділити дві групи, які використовуються в харчовому машинобудуванні:

- чорні метали (залізо та сплави на його основі);
- кольорові метали (мідь, алюміній, титан, нікель та ін.).

Неметалеві матеріали. До них відносяться пластмаси, кераміка, скло, гума тощо.

Композиційні матеріали. Композиційні матеріали – неоднорідний суцільний матеріал, який складається з двох або більше компонентів: армуючого елемента, котрий забезпечує необхідні механічні характеристики матеріалу, та основи, на яку наносить армуючий елемент. До складу композиційних матеріалів можуть входити як металеві, так і неметалеві складові.

Вибір того чи іншого матеріалу для виготовлення обладнання визначається умовами в яких воно працює та характеристиками самого конструкційного матеріалу [12]. В першому випадку це температура, тиск та властивості середовищ, а у другому – фізико-механічні та технологічні властивості матеріалів. Поруч з цим, вибір конструкційного матеріалу повинен бути економічно обґрунтованим.

Розглянемо умови роботи технологічного обладнання союкочисного відділення цукрового заводу.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Підбір конструкційних матеріалів	201990.MP.01.007.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Обладнання працює з середовищами різного хімічного складу (вапняне молоко, вуглекислий газ, сатураційний та дефекований соки), лужністю рН 8 – 12 та температурою 65 – 100 °С. Оскільки ці середовища мають підвищену хімічну і поверхневу активність, то це призводить до корозії деталей обладнання, їх хімічного зношування.

Оскільки каскадний сатуратор є масообмінним обладнанням з великим робочим об'ємом і працює при надлишковому тиску, то найбільш доцільним матеріалом для виготовлення його основних елементів (корпусу, днища, кришки, каскадного рециркулюючого пристрою) є сталь марки Ст3. Зі сталей марок Ст0, Ст5, Ст3кп, Сталь 20 можна виготовити фланці, барботажні трубки чи трубопроводи. Зазначені сталі добре піддаються механічній обробці та зварюванню, мають відносно невелику вартість.

8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Для розробки схеми складання та технологічного маршруту обрано самоочисний газорозподільник, який встановлюється над барботажними трубками і призначений для рівномірного розподілення сатураційного газу по периметру каскадного сатуратора (рис. 8.1).

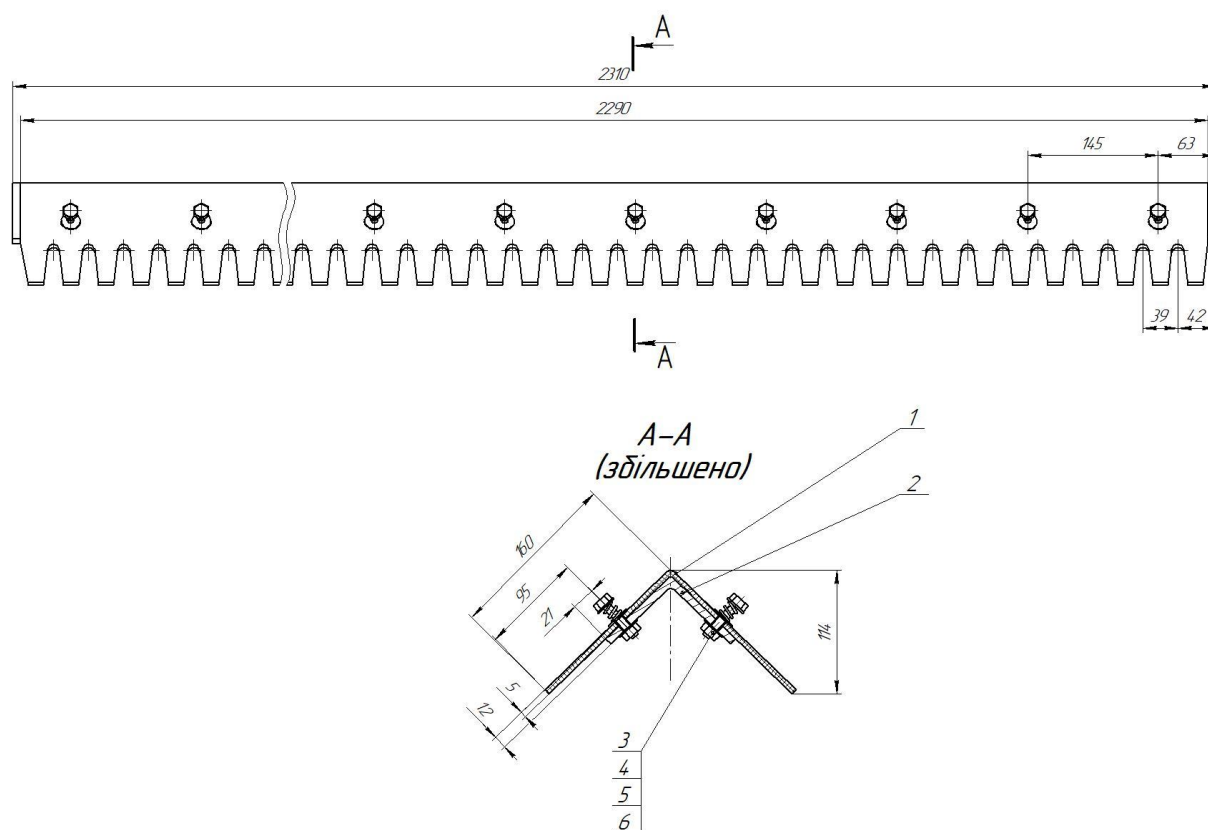


Рис. 8.1 Самоочисний газорозподільник

1 – еластична накладка; 2 – кутик; 3 – болт; 4 – шайба; 5 – пружина; 6 - гайка

З аналізу конструкції самоочисного газорозподільника (рис. 8.1) можна виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: Ск.1 – базовий елемент, Ск.2 – кріпильно-амортизуючий пристрій. Оскільки кріплення еластичного елемента до кутника по його довжині виконується 32 ідентичними кріпильно-амортизуючими пристроями (по 16 пристроїв на кожній полиці кутника), то

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пушанко М.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Волинська В.В.	Назва, додаткова назва Технологія машинобудування	201990.MP.01.008.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/4

технологічну схему та технологічний маршрут складання газорозподільника для скорочення їх об'єму розроблено лише з одним таким пристроєм. Інші кріпильно-амортизуючі пристрої кріпляться до базового елемента аналогічно.

Технологічну схему складання самоочисного газорозподільника представлено на рис. 8.2.

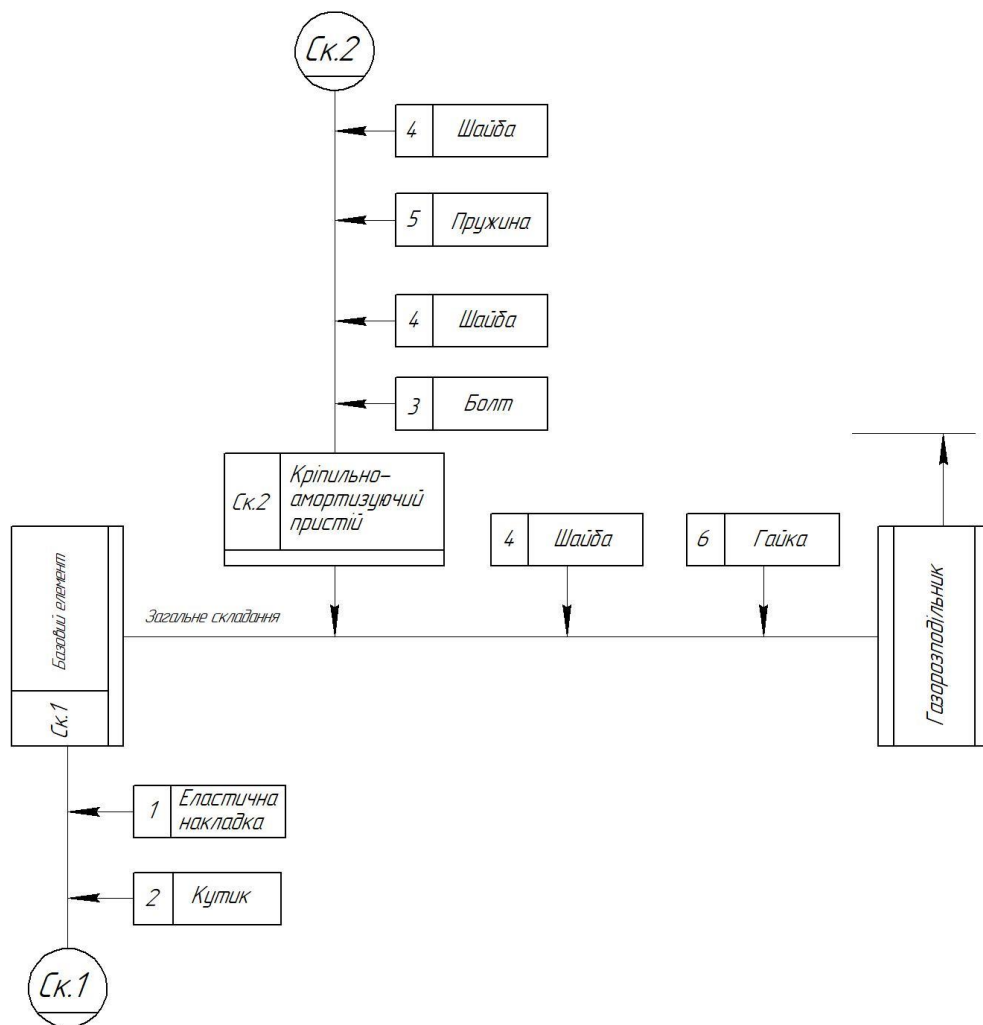


Рис. 8.2 Технологічна схема складання самоочисного газорозподільника

На рис. 8.2 вертикальні лінії 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 зазначено назву деталей і номери їхніх позицій на

кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями – найменування складальних одиниць 1-го порядку.

Технологічний маршрут складання самоочисного газорозподільника, який полягає у короткому описанні змісту операцій з переходами, наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 Технологічний маршрут складання самоочисного газорозподільника

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання базового елемента (Ск.1)	10.1 Встановити кутик на складальному столі 10.2 Установити еластичну накладку на кутик
20. Збирання кріпильно-амортизуючого пристрою (Ск.2)	20.1 Взяти болт 20.2 Встановити шайбу на болт 20.3 Встановити пружину на болт 20.4 Встановити шайбу на болт 20.5 З'єднати складальний вузол «кріпильно-амортизуючий пристрій Ск.2» з базовим елементом Ск.1. гайкою через шайбу.

Сертифікація елементів обладнання.

Об'єктом сертифікації може бути обладнання в цілому, його вузли чи окремі деталі. Сертифікація підтверджує їх відповідність державним стандартам та нормам, які діють в Україні. Документом, що підтверджує процедуру проходження сертифікації є сертифікат відповідності. Сертифікат відповідності є офіційним документом, який видається акредитованим органом оцінки відповідності після проведених лабораторних випробувань та підтверджує відповідність об'єкта сертифікації державним стандартам.

Враховуючи те, що в сатураторі встановлюється п'ять самоочисних газорозподільників, то обираємо модель сертифікації продукції яка

випускається серійно з видачею сертифіката відповідності. При цьому, необхідно проведення наступних робіт:

- обстеження виробництва;
- атестація виробництва;
- сертифікація системи якості виробництва;
- випробувань з метою сертифікації проводяться по кожному виробу;
- технічний нагляд за його виробництвом.

Порядок проведення сертифікації продукції проводиться у відповідності з ДСТУ 3413-96 «Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції».

Проаналізувавши конструкцію самоочисного газорозподільника та умови його роботи, визначено шифр виробу як 2211. Це означає, що самоочисний газорозподільник відноситься до відновлювальних виробів, який експлуатується до відмови або до досягнення граничного стану у безперервному режимі роботи. Основними показниками, які необхідно перевірити при його випробуваннях, є механічні та геометричні показники.

9. ПРАВИЛА МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ

Монтаж сатуратора.

Загальні вимоги до монтажу сатуратора:

1. Перед монтажем сатуратора відповідні працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки.
2. Працівники по монтажу сатуратора повинні бути забезпечені справними пристроями та інструментом у необхідній кількості.
3. Монтаж необхідно здійснювати за нарядом-допуском.
4. Під час монтажних робіт необхідно дотримуватись схем та послідовності операцій, які наведені в документації заводу-виробника обладнання.
5. Ділянку монтажних робіт необхідно відділити від решти частини виробничого приміщення тимчасовим огороженням. У зоні виконання робіт потрібно виключити прохід сторонніх осіб та наскрізний рух транспорту. Відкриті канали, приямки, монтажні отвори повинні бути накриті або огорожені.

При монтажу сатуратора необхідно дотримуватися вимог безпеки і не допускати пошкодження його частин. Сатуратор встановлюється на заздалегідь підготовленому місці по рівню. Після встановлення сатуратора, до нього під'єднують контрольні-вимірювальні прилади, трубопроводи подачі і відведення соку та сатураційного газу. Монтаж та випробування трубопроводів слід проводити у відповідності до чинних настанов, правил та стандартів, зокрема, ДСТУ-Н Б А.3.1-27:2014 «Настанова щодо виготовлення, монтажу та випробування технологічних трубопроводів, що працюють під тиском до 10 МПа», наказ Міністерства енергетики та

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Правило монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	201990.MP.01.009.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/5

вугільної промисловості України № 755 від 24.10.2014 зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 12.11.2014 за № 1438/26215 «Правила охорони праці та безпечної експлуатації технологічних трубопроводів».

Після підключення всіх комунікацій проводиться випробування обладнання. Перед проведенням випробування необхідно перевірити надійність кріплення змонтованого сатуратора, приладів автоматики та стан теплоізоляції трубопроводів та обладнання. Здійснити контроль якості виконання всіх необхідних врізань для первинних перетворювачів вимірювальних приладів і регуляторів. Перед випробуванням сатуратора на ньому повинні бути встановлені всі засоби захисту, контрольно-вимірювальні прилади і регулятори, контрольні прилади системи пожежогасіння, автоматичні системи пожежогасіння. Після всіх підготовчих робіт проводиться безпосереднє випробування апарата під тиском, результати якого фіксуються у відповідних журналах.

Експлуатація сатуратора.

Пуск сатуратора. Після зовнішнього і внутрішнього огляду сатуратора закривають люки та продувний вентиль. Систему автоматичного регулювання подачі сатураційного газу переключають на дистанційне управління. Після заповнення сатуратора соком не менш ніж на 1/3 корисної висоти відкривають регулювальний клапан подачі сатураційного газу. При появі соку на виході з сатуратора включають насос на мінімальну продуктивність, а потім, по мірі заповнення циркуляційного контуру, поступово виводять на задану продуктивність. Дистанційно регулюють подачу сатураційного газу та вапнякового молока, налагоджують безперервну роботу і сатурації. Після досягнення заданих параметрів режиму сатурації переходять в автоматичне управління процесу.

Робота сатуратора. Під час роботи сатуратора в сталому режимі періодично перевіряють рН соку. Рівномірну лужність соку і сатурації

досягають при рівномірному надходженні соку, вапнякового молока на дефекацію та сатураційного газу в апарат I сатурації. При роботі сатуратора забороняється припиняти подачу вапнякового молока та сатураційного газу. Температура в апараті I сатурації повинна бути не менше ніж 82 °С, тривалість процесу – 10 хв. При температурі нижче ніж 70 °С в сатураторі спостерігається сильне пінення соку, погіршення його фільтрування через утворення дрібного осаду CaCO₃. Перед фільтрацією температуру соку тримають в межах 85 – 90 °С. Раз в зміну, а при великій кількості піску в вапняковому молоці – два рази, виконують продування апарата.

Оператор, який приймає і який передає зміну, повинен перевірити робочий стан обладнання, рівні соків у збірниках та апаратах, роботу контрольно-вимірювальних приладів і автоматики, значення параметрів технологічного процесу (лужність та рН соків, вміст CO₂ у сатураційному газі, температуру в підігрівниках і сатураторі, наявність вапнякового молока). Оператор який передає зміну, знайомить оператора який приймає зміну, зі змінами, які внесені в раніше установлений технологічний режим, інформує про всі несправності та заходи, прийняті для їх усунення.

Зупинка сатуратора. Після спорожнення апарата попередньої дефекації та дефекатора перед I сатурацією закривають клапан подачі сатураційного газу та вимикають систему автоматичного регулювання процесу. Відкривають продувний вентиль сатуратора і випорожняють апарат, направляючи сік у напірний збірник перед фільтрами чи відстійниками.

В табл. 9.1. наведено відхилення в роботі апаратів I сатурації, можливі причини та способи їх усунення (таблицю побудовано на основі [7,13]).

Ремонт сатуратора.

Перед ремонтом сатуратора необхідно пройти інструктажі з техніки безпеки. До роботи в середині апарата допускають осіб чоловічої статі, яким виповнилось 18 років, і котрі пройшли медичне обстеження, спеціальне

навчання. Робітники ремонтних бригад повинні бути забезпечені справними інструментами та пристроями у необхідній кількості.

Таблиця 9.1. Відхилення в роботі апаратів I сатурації

<i>Відхилення в роботі</i>	<i>Можливі причини</i>	<i>Способи усунення</i>
Пінення соку	Підвищена лужність соку в сатураторі	Відгазувати сік до оптимальної лужності. При недостатці сатураційного газу або низькій концентрації CO ₂ у газі зменшити надходження соку на сатурацію.
	Перегрів або недогрів дефекованого соку в підігрівниках	Привести температуру в підігрівниках згідно з заданим технологічним режимом
	Недостатня кількість вапна, яке додається в дефекатор	Перевірити і налагодити роботу дозаторів вапняного молока. Перевірити густину вапняного молока
Викиди соку через контрольний ящик	Забруднення газорозподільчих пристроїв у сатураторі	Зупинити сатуратор, очистити газорозподільчі пристрої
Підвищується лужність соку I сатурації після контрольного ящика	Низька якість вапняного молока	Змінити режим випалювання вапнякового каменю
Сповільнена робота сатуратора	Підсмоктування повітря, низький вміст CO ₂ в сатураційному газі, підвищена температура сатураційного газу.	Ліквідувати підсмоктування повітря, забезпечити герметизацію оглядового люка завантажувального пристрою та трубопроводів від печі до газових насосів, збільшити кількість подачі води на лавер.
	Надмірна кількість вапна у дефекованому соці.	Перевірити лужність дефекованого соку
	Недостатня продуктивність компресора подачі сатураційного газу.	Перевірити і налагодити роботу компресора.
	Несправність запірної арматури.	Відремонтувати запірну арматуру.

Сатуратор перед оглядом внутрішніх частин, очищенням чи їх ремонтом необхідно звільнити від соку, охолодити та промити. На сатураторі чи комунікаціях, які знаходяться у ремонті або чистці, необхідності вивісити попереджувальний плакат «Ремонт».

Огляд, чищення та ремонт сатуратора потрібно проводити бригадою у складі не менше 2 осіб (працюючий і спостерігач). В середині апарату дозволяється працювати одній особі. При необхідності роботи в апараті двох або більше осіб повинні бути прийняті додаткові заходи безпеки, які визначаються на місці проведення робіт і записуються в наряд-допуск.

Робітник повинен бути забезпечений спецодягом та спецвзуттям, рятівним поясом з прикріпленою до нього одним кінцем мотузки, яка повинна мати вузли через кожні 0,5 м. Другий кінець мотузки повинен бути надійно прив'язаним до трубопроводу, перил чи інших закріплених предметів.

У аварійних ситуаціях, при роботі в апараті з недостатнім обміном повітря чи при наявності в апараті задушливого або отруйного газу, робітник повинен мати справний шланговий протигаз, шланг якого виходить з апарата не менше ніж на 2 м. Кінець шлангу повинен бути виведений у зону чистого повітря. Використовувати фільтруючі протигазу забороняється. Робітник, який спостерігає, також повинен мати при собі протигаз.

При необхідності знаходження робітників біля гарячих частин обладнання необхідно вживати заходи для захисту працюючих від можливих опіків і дії високої температури (використовувати спецодяг, термошити тощо).

При ремонті сатуратора виконуються, зокрема, такі роботи: ремонт арматури та її гідравлічне випробування, правка погнутих місць корпусу та барботажних труб, виготовлення ущільнень, прогонка різьби кріпильних елементів або їх відновлення та ін.

10. АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Виробництво цукру – складний, енергозатратний та трудомісткий процес. В умовах високої конкуренції, яка є в сучасному світі, на перший план виходять такі показники як енергоспоживання, якість та собівартість продукції. Боротьба за ці показники є першочерговим завданням виробників і може бути успішною при застосуванні сучасних засобів та методів в технології, організації виробництва та ін. Одним з таких засобів є автоматизація процесів.

Автоматизація технологічних процесів дозволяє підвищити якість і обсяг випуску продукції, знизити собівартість продукції в результаті скорочення витрати сировини і матеріалів, покращити умови праці та економічні показники підприємства в цілому [14, 15].

Враховуючи те, що більшість цукрових заводів України входить у сферу впливу великих торгово-промислових компаній, дедалі актуальнішим стає впровадження автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУТП) з єдиною системою управління та контролю цукрового виробництва на базі сучасних обчислювальних засобів та технологій.

У відповідності з завданням на магістерську роботу, нижче запропоновано систему автоматизації розробленого каскадного сатуратора.

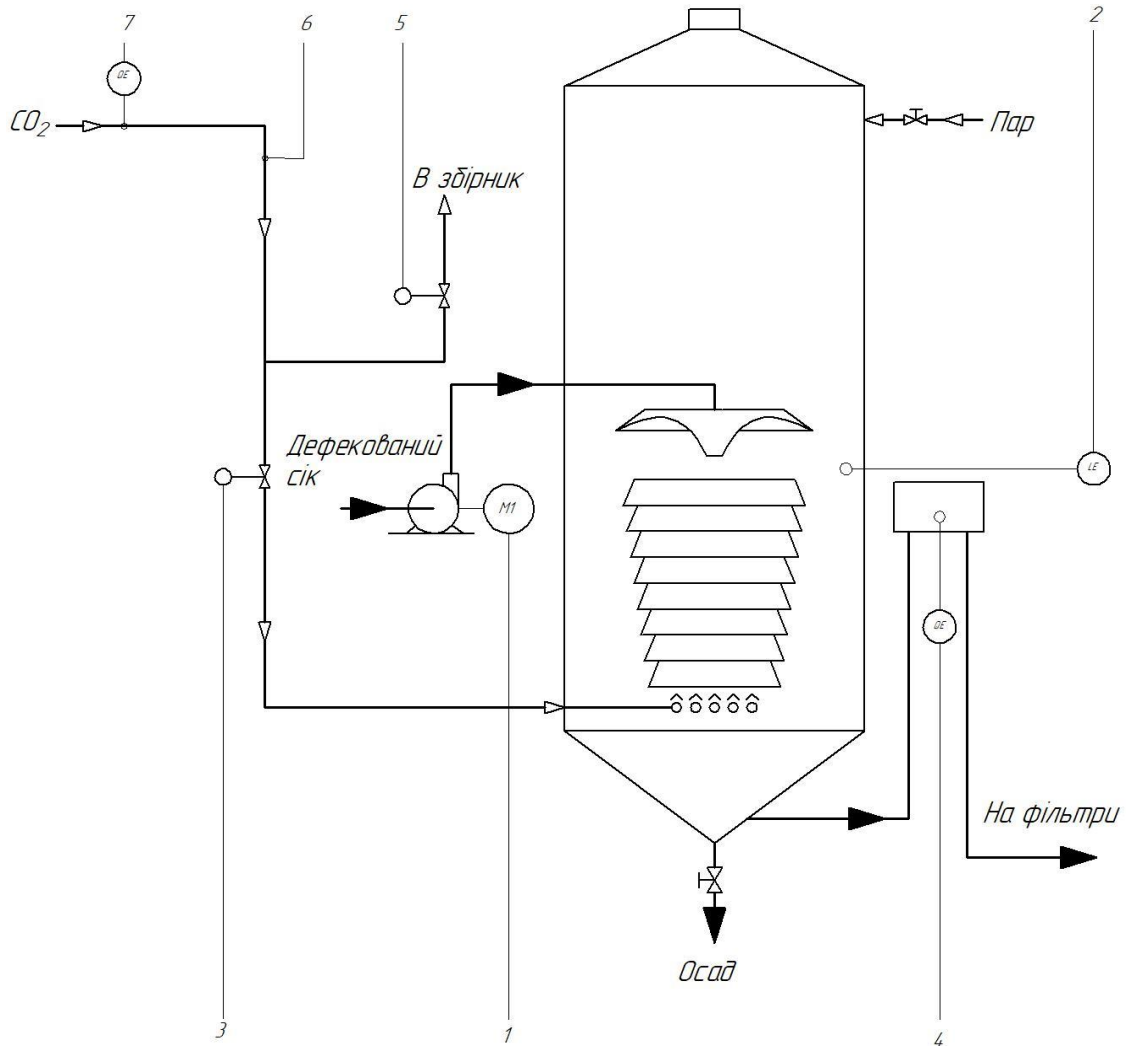
Система автоматизації каскадного сатуратора включає:

- програмований логічний контролер;
- датчики температури, тиску, концентрації, рівня, лужності;
- витратоміри;
- електро- та пневмо перетворювачі;
- індуктивні датчики та реле;

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування		201990.MP.01.010.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

- засувки з приводами;
- пульт керування (робочу станцію оператора на базі персонального комп'ютера з засобами візуалізації даних і управління).

Схема автоматизації каскадного сатуратора представлена на рис. 10.1.



	1	2	3	4	5	6	7
Прилади за місцем	NC ^{SP}	LT	DT	DT	PT ^{SP}	PC	DT ^{SP}
Прилади на щиті	PI ^{SP} IC1	LIR	DC ^{SP}	DIR ^{SP}	PC	PRA	DI ^{SP}

Рис. 10.1 Схема автоматизації каскадного сатуратора

В якості вхідної інформації в АСУТП використовуються аналогові і дискретні уніфіковані сигнали постійного струму, що надходять від датчиків. На виході система управління видає аналогові керуючі уніфіковані сигнали постійного струму виконавчим механізмам, дискретні сигнали для управління приводами обладнання, а також інформацію про стан об'єкта управління на монітор оператора.

Розроблена АСУТП включає в себе наступні операції:

- подача та регулювання рівня дефекованого соку в сатураторі;
- подача та регулювання кількості сатураційного газу в сатураторі;
- видалення осаду з апарата;
- подача відсатурованого соку на фільтрацію.

Система автоматизації каскадного сатуратора забезпечує виконання наступних функцій:

- прийом та подальша обробка сигналів від датчиків температури, тиску, рівня, витрати, концентрації, лужності;
- реалізацію робочих алгоритмів, алгоритмів аварійних ситуацій, подачу керуючих сигналів на відповідні виконавчі механізми;
- контроль стану насоса подачі дефекованого соку;
- сигналізацію критичних відхилень технологічних параметрів процесу;
- дистанційне управління механізмами та приладами з пульта керування.

11. ОХОРОНА ПРАЦІ

Безпека праці на підприємстві є надзвичайно важливим питанням. Від повноти дотримання вимог діючих стандартів щодо охорони праці в значній мірі залежить життя та здоров'я усього його персоналу.

Діючі правила з охорони праці в цукровій промисловості визначають вимоги безпеки до умов праці, конструкції обладнання, його монтажу, ремонту, налагоді та експлуатації, веденню технологічного процесу та ін.

На цукровому заводі можлива дія наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- наїзди машин;
- захоплення незахищеними рухомими частинами машин та механізмів;
- підвищені запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищені швидкості руху повітря у робочих приміщеннях (протяги);
- підвищені рівні вібрації та шуму;
- недостатня освітленість робочої зони;
- статичні та динамічні фізичні навантаження при підйомі та переміщенні вантажів вручну;
- фізичні та нервово-психічні навантаження при керуванні машинами, механізмами, обладнанням.

Безпечні умови праці на підприємстві досягається:

- використанням засобів індивідуального захисту;
- роботою з обладнанням у відповідності до інструкції з його експлуатації;
- раціональним і безпечним розміщенням виробничого обладнання та робочих місць;

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона праці	201990.MP.01.011.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

- використанням вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, комплектуючих виробів (вузлів, елементів) тощо, які не мають небезпечного та шкідливого впливу на працівників;
- застосуванням надійних, точних та перевірених контрольно-вимірювальних приладів, пристроїв протиаварійного захисту;
- застосуванням електронно-обчислювальної техніки та мікропроцесорів для управління виробничими процесами та системами протиаварійного захисту;
- застосуванням раціональних режимів праці та відпочинку з метою запобігання монотонності, гіподинамії, надмірних фізичних та нервово-психічних перевантажень;
- комплексною механізацією, автоматизацією, дистанційним управлінням технологічними процесами та операціями, що супроводжуються небезпечними та шкідливими виробничими факторами;
- теплоізоляцією обладнання так, щоб температура на його зовнішніх поверхнях у місцях, доступних для обслуговуючого персоналу, не перевищувала 45 °С і не було виділення надлишкового тепла в робочу зону. Обладнання з примусовим охолодженням повинно мати блокуючий пристрій, що унеможливує його запуск за відсутності холодоагенту;
- позначенням небезпечних зон попереджувальними знаками;
- професійним відбором, навчанням працівників, перевіркою їх знань та навичок з безпеки праці;
- дотримання встановленого внутрішнього розпорядку.

Безпечна та комфортна робота працівників в значній мірі залежить від мікроклімату робочої зони. До параметрів мікроклімату відносяться: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення, температура поверхні. Параметри мікроклімату повинні відповідати ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони на цукрових заводах не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій. Допустимі рівні звукового тиску (шуму) на робочих місцях повинні відповідати значенням, встановленими ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги», ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Допустимі рівні вібрації на робочих місцях повинні відповідати нормативним значенням наведеним у ДСТУ EN 14253:2018 «Вібрація механічна. Вимірювання та обчислювання впливу на здоров'я загальної виробничої вібрації. Практична настанова (EN 14253:2003 + A1:2007, IDT)», ДСТУ 2300-93. «Вібрація».

Освітлення у виробничих та допоміжних приміщеннях має відповідати вимогам ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця (EN 12464-1:2011, IDT)», ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Що стосується питання вибухопожежобезпеки сокоочисного відділення, то за цим параметром воно відноситься до категорії Б. Для запобігання виникненню пожеж воно повинно бути обладнаним автоматичною пожежною сигналізацією та відповідати чинним нормативним документам, зокрема ДБН В.2.2-56:2014 «Системи протипожежного захисту», ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Основні вимоги безпеки при очистці технологічних рідин цукрового виробництва на станції дефекосатурації наступні [16]:

1. Процес очищення соку на станції дефекосатурації повинен унеможливлувати розлив соків та вапняного молока, виділення токсичних газів, підвищену температуру зовнішніх поверхонь апаратів та трубопроводів з якими можливий контакт обслуговуючого персоналу;

2. Подача вуглекислого газу в апарати I та II сатурації має бути автоматизованою;

3. Чищення апаратів дефекосатурації має виключати застосування ручної праці. При чищенні апаратів слід забезпечувати механічне або хімічне очищення внутрішніх поверхонь обладнання від накипу;

4. Переливні ящики апаратів повинні бути герметичними;

5. Апарати попередньої і основної дефекації, I та II сатурації повинні комплектуватися кранами, що забезпечують безпечний відбір проб соку у зручних для цього місцях, піногасними пристроями;

6. Перед початком виробництва цукру обладнання сокоочисного відділення повинне пройти випробування на герметичність.

12. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Серед переробних галузей агропромислового комплексу України найбільш матеріаломісткою є цукрова промисловість, у якій обсяг сировини та допоміжних матеріалів, що використовуються у виробництві, в кілька разів перевищує вихід готової продукції. Так, в середньому, на випуск тони цукру витрачається 8 – 10 тон цукрових буряків, близько 60 м³ води, 0,24 м² фільтрувальної тканини, 0,53 тони умовного палива, 0,6 тони вапнякового каменю [17]. За рахунок цього цукрова промисловість є джерелом значної кількості забруднюючих речовин, до яких відносяться тверді відходи та побічні продукти, стічні води, викиди в атмосферу. Деякі екологічні аспекти, які мають місце при виробництві цукру, представлено у таблиці 12.1 (таблицю побудовано на основі [18]).

Коротко розглянемо забруднюючі речовини, які утворюються при виробництві цукру та шляхи зменшення їх впливу на навколишнє середовище.

Тверді відходи та побічні продукти. При виробництві цукру утворюється велика кількість органічних твердих відходів та побічних продуктів: бруд та ґрунт, які потрапляють на завод разом з сировиною, листя бурякового бадилля, меляса, фільтраційний осад, дефекат, жом тощо.

Для зменшення впливу твердих відходів на навколишнє середовище їх слід повторно переробляти чи використовувати як корми для тварин. Так, мелясу можна використовувати як вихідну сировину при ферментації та виробництві органічних хімікатів, при виробництві лимонної кислоти та дріжджів, в спиртовій промисловості. Бадилля і коренеплоди буряків, які надходять на підприємство у складі сировини і накопичуються в процесі промивання, а також жом можна використовувати як корм для жуйних тварин.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона навколишнього середовища	201990.MP.01.012.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

Таблиця 12.1 Екологічні аспекти, які мають місце при виробництві цукру

Діяльність	Аспект діяльності	Екологічні аспекти			
		Викиди у повітря	Скиди у воду	Забруднення ґрунту	Утворення твердих відходів
Завезення і зберігання сировини	Транспортування	+		+	
	Подача буряків на виробництво		+	+	+
Мийка та подрібнення	Миття буряків, подрібнення сировини		+	+	+
Екстрагування	Попереднє ошпарювання	+			
	Екстрагування	+	+		
	Інактивація формальдегідом	+			
	Пресування жому	+	+		+
	Очищення жомопресової води	+	+	+	
	Транспортування жому в жомову яму	+		+	+
Очищення дифузійного соку	Нагрівання соку	+			
	Вапнування	+	+		
	Сатурація I та II	+			
	Фільтрування	+	+	+	+
Сульфитація	Оброблення сірчистим газом SO ₂	+			
Випарювання соку	Нагрівання соку	+			
	Подача перегрітої пари з ТЕЦ	+		+	+
Центрифугування	Центригування сиропу	+			
Сушка цукру	Висушування цукру в сушильних установках	+			

Стічні води. У стічних водах цукрових заводів міститься велика кількість органічних речовин для яких характерний високий рівень біохімічного споживання кисню. Стічні води, які утворюються при промиванні сировини, можуть також містити залишки пестицидів і патогенні мікроорганізми. Все це негативно впливає на навколишнє середовище.

Для зменшення негативного впливу стічних вод на довкілля їх необхідно піддавати фільтруванню, відстоюванню, біологічній обробці, анаеробному очищенню з подальшою анаеробною обробкою для зменшення кількості розчинених органічних речовин, хлоруванню та ін.

Викиди в атмосферу. Викидами в атмосферу при виробництві цукру є продукти згорання палива в котельнях, відпрацьований сатураційний газ з сатураторів, аміак від випарної установки, пил та шкідливі гази з вапновипалювальної печі, сірководень та карбонові кислоти з полів фільтрації, масляна та оцтова кислоти з жомосховищ.

Для зменшення негативного впливу на атмосферу необхідно відпрацьовані середовища очищати в фільтрах, скруберах, циклонах тощо.

В цілому, для зменшення антропогенного навантаження на екосистеми, що знаходяться в зоні функціонування цукрового заводу, необхідно модернізувати підприємство відповідно до діючих екологічних норм, зокрема стандартів ISO серії 14000.

13. МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Щоб забезпечити повноцінне надходження прибутку та достатній рівень конкурентоспроможності, будь-яке підприємство повинно здійснювати свою діяльність на основі вивчення потреб та запитів споживачів. Це стає можливим шляхом застосування елементів маркетингу.

В загальному, маркетинг – це сукупність процесів, спрямованих на створення, просування та надання продукту покупцям, а також управління взаємовідносинами з ними.

Управління маркетинговою діяльністю є актуальним завданням, оскільки воно вирішує питання розвитку підприємства [19, 20]. За допомогою цієї діяльності координуються можливості виробництва та розподілу товарів і послуг, а також визначається які кроки необхідно зробити, щоб продати товар або послугу кінцевому споживачеві.

Маркетингову діяльність умовно розділяють на 4 напрямки:

- збір маркетингової інформації про зовнішнє та внутрішнє середовище компанії (маркетингові дослідження, конкурентна розвідка тощо);
- аналіз маркетингової інформації та прийняття маркетингових рішень (сегментування та вибір цільових сегментів, оцінка конкурентоспроможності, позиціонування тощо);
- планування маркетингових заходів (розробка маркетингової стратегії та плану маркетингу);
- формування та реалізація маркетингового комплексу.

На жаль, нині маркетингові принципи в організації діяльності багатьох підприємств враховуються недостатньо, що в результаті призводить до прийняття неефективних рішень у процесі ціноутворення, формування товарного асортименту та управлінні підприємством в цілому. В зв'язку з цим,

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Маркетингове обґрунтування проекту	201990.MP.01.013.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3	

одним з важливих питань їх діяльності є ефективна організація маркетингу у процесі управління, яка сприятиме покращенню їх виробничої та збутової діяльності, забезпечить конкурентоспроможність продукції.

Оскільки в магістерській роботі запропоновано інноваційну конструкцію каскадного сатуратора, який може бути новою продукцією (товаром) машинобудівного підприємства, то розглянемо процес його випуску (виробництва) з точки зору маркетингової діяльності. Узагальнення маркетингових підходів до визначення послідовності розробки й виводу нового товару на ринок представлено на рис. 13.1.



Рис. 13.1 Маркетинговий підхід до визначення послідовності розробки та виводу нової продукції на ринок

Аналіз рис. 13.1 показує, що управління підготовкою виробництва нової продукції являє собою складний комплексний процес з інформаційно насиченими етапами прийняття різноманітних рішень. Основними етапами при виробництві нової продукції є: генерація ідей нових товарів, відбір проектів, розробка й перевірка концепції товару, розробка стратегії маркетингу, аналіз можливостей виробництва й збуту, розробка нового товару, випробування в ринкових умовах і розгортання комерційного виробництва.

Послідовна реалізація маркетингового обґрунтування прийняття рішень у сфері створення нових продуктів дозволяє знизити ймовірність помилкових дій і скоротити потенційні витрати в процесі управління підготовкою виробництва нової продукції.

Враховуючи те, що на території України в значній мірі використовуються морально застаріле та недостатньо ефективно обладнання для очистки дефектованого соку, то можна очікувати попит на запропонований каскадний сатуратор, оскільки його конструкція забезпечує покращення насичення сатураційним газом дефектованого соку, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі розглянуто напрямки інтенсифікації процесу карбонізації дефекованого соку.
2. Запропоновано конструкцію каскадного сатуратора продуктивністю 3000 т/добу.
3. Доказано підвищення ефективності розробленої конструкції інноваційного сатуратора каскадного типу за рахунок ступеневої циркуляції, яка підвищує коефіцієнт використання вуглекислого газу.
4. Забезпечено усунення можливості погіршення санітарно-гігієнічних умов експлуатації обладнання за рахунок подачі соку через гідрозатворний пристрій.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	201990.MP.01.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Логвін В. М. Інтенсифікація першої сатурації. Київ : Експрес-об'ява, 1998. 224 с.
2. Гребенюк С. М. Технологическое оборудование сахарных заводов. Москва : Легкая и пищевая промышленность, 2007. 320 с.
3. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства. Москва : Колос, 1999. 495 с.
4. Добжицький Я. В. Хімічний аналіз у цукровому виробництві. Москва : Агропромиздат, 1994. 188 с.
5. Сапронов А. Р. Загальна технологія цукру та цукристих речовин. Москва : Агропромиздат, 1990. 109 с.
6. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Ч.1 / В. О. Штангеев и др. Київ : Цукор України, 2003. 352 с.
7. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків: правила усталеної практики 15.83-37-106:2007. Київ : Цукор України, 2008. 419 с.
8. Сатуратор з каскадним рециркулятором : пат. 85670 Україна, № 201307200 ; заявл. 06.06.2013, Бюл. № 22. 3 с.
9. Технологія цукру : підручник у 3 т. / А. А. Ліпец та ін. Київ : Експрес-об'ява, 2015. Т.2: Очищення дифузійного соку. 272 с
10. Рева Л. П. Фізико-хімічні основи технологічних процесів очищення дифузійного соку у виробництві цукру. Київ : Національний університет харчових технологій, 2012. 371 с.
11. Физико-химические процессы сахарного производства / С. И. Гулый и др. Москва : Агропромиздат, 1987. 264 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Пушанко М.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Волинська В.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаних джерел	201990.MP.01.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

12. Матеріалознавство та матеріали у харчовій промисловості / В. А. Косенко та ін. Київ : Університет Україна, 2017. 298 с.

13. Воропаева В. С. Нарушения в технологии свеклосахарного производства. Жердевка : Жардевский колледж сахарной промышленности, 2012. 30 с.

14. Волошин З. В., Макаренко Л. П., Яцковский П. В. Автоматизация сахарного производства. Москва : Агропромиздат, 1990. 271 с.

15. Системы автоматизации технологических процессов сахарного производства / О. Яковлев и др. *Системная интеграция / пищевая промышленность*. 2000. №1. С. 44–53.

16. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на цукровому виробництві : наказ Міністерства соціальної політики України від 05.10.2018 р. № 1467.

17. Запольський А. К., Українець А. І. Екологізація харчових виробництв. Київ : Вища школа, 2005. 423 с.

18. До питання екологізації виробництва цукру / Н. А. Гусятинська та ін. *Збірник наукових статей «III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю»*. 2011. Т. 2. С. 548–551.

19. Воронько Т. В. Передумови формування та розвитку маркетингового потенціалу аграрних підприємств. *Агросвіт*. 2012. №6. С. 11–14.

20. Оксенюк Б., Фроленко О. Інформація в системі маркетингового управління підприємством. *Галицький економічний вісник*. 2015. № 2 (49). С. 198–204.