

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут(факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології цукру і підготовки води

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2026 р.

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
Інна КАРПОВИЧ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
зі спеціальності 181 «Харчові технології»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія»
на тему: Проект технічного переоснащення сокоочисного відділення на
ТОВ "Краєвид" Згурівського цукрового заводу з метою підвищення ефекту
очищення соку (сmt. Згурівка, Київська область)

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗТЦ-5-1
Книга Анастасія Олегівна
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Гусятинська Наталія Альфредівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____ (ім'я та прізвище) (підпис)
_____ (ім'я та прізвище) (підпис)
_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Юрій РЕЗНІЧЕНКО
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2026 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології цукру і підготовки води
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 181 «Харчові технології»
(код і назва)
Освітньо-професійна програма «Харчові технології та інженерія»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ТЦ і ПВ

Інна КАРПОВИЧ

“ 04 ” листопада 2025 року

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

Книги Анастасії Олегівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект технічного переоснащення сокоочисного відділення на ТОВ "Краєвид" Згурівського цукрового заводу з метою підвищення ефекту очищення соку (сmt. Згурівка, Київська область)
керівник роботи Гусятинська Наталія Альфредівна, професор, доктор
технічних наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 04.11.2025 року № 902-кc

2. Строк подання здобувачем роботи 13 лютого 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи сокоочисне відділення; вапняне молоко; додавання флокулянту в переддефекосатурований сік; фільтрування в фільтр-пресах, додавання перліту

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції. Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно- технологічних схем. Розділ 3. Характеристика сировини, основних і допоміжних матеріалів, готової продукції. Розділ 4. Технологічні розрахунки. Розділ 5. Розрахунок площ виробничих і складських приміщень. Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання. Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 та НАССР. Розділ 8. Інженерні системи та енергетичне господарство підприємства. Розділ 9. Система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження. Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві. Висновки. Список використаних джерел посилань

5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема сокоочисного відділення, план першого поверху, план другого поверху, розріз 1-1

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 04 листопада 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення з літературою, огляд літературних джерел.	15.11.25	
2	Робота і опрацювання розділів кваліфікаційної роботи.	16.12.25	
3	Удосконалення технологічної схеми сокоочисного відділення	26.12.25	
4	Консультація з приводу технологічної схеми	03.01.26	
5	Консультація з приводу розрізу і планів	12.01.26	
6	Затвердження технологічної схеми	25.01.26	
7	Затвердження кваліфікаційної роботи	12.02.26	

Здобувач _____
(підпис)

Анастасія КНИГА
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____

Наталія ГУСЯТИНСЬКА

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка до дипломного проєкту містить: 88 сторінки, 10 таблиць, 11 рисунків, 51 літературних джерел.

Дипломний проєкт містить 4 креслення: технологічну схему сокоочисного відділення; план I поверху; план II поверху; розріз відділення.

Об'єктом дипломної роботи є сокоочисне відділення ТОВ «Краєвид» Згурівського цукрового заводу потужністю 3000 тонн переробки буряків на добу.

Метою дипломної роботи є технічне переоснащення сокоочисного відділення з метою підвищення ефекту очищення дифузійного соку, зменшення втрат сахарози та покращення якості цукру.

Проєктом передбачено:

- застосування коагулянту основний сульфат алюмінію (ОСА) під час попереднього вапнування;
- введення флокулянту Магнофлок LT-27 перед відстійником;
- використання перліту як допоміжного фільтрувального матеріалу;
- встановлення фільтр-пресів;

У комплексі запропоновані заходи дозволяють підвищити ефект очищення дифузійного соку, зменшити втрати сахарози, знизити кольоровість соку та сиропу і підвищити якість білого цукру.

Ключові слова: вапняне молоко, переддефекатор, флокулянт, перліт, відстійник, фільтрування.

					Анотація	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

The explanatory note of the diploma project contains: 88 pages, 10 tables, 11 figures, more than 40 references.

The diploma project includes 4 drawings: the technological scheme of the juice purification department; the first-floor plan; the second-floor plan; and the sectional view of the department.

The object of the diploma project is the juice purification department of LLC “Kraievdy” Zghurivka Sugar Plant with a processing capacity of 3000 tons of sugar beet per day.

The purpose of the diploma project is the technical modernization of the juice purification department in order to increase the diffusion juice purification efficiency, reduce sucrose losses, and improve sugar quality.

The project предусматривает:

- application of basic aluminum sulfate (BAS) coagulant during preliminary liming;
- addition of Magnaflok LT-27 flocculant before the clarifier;
- use of perlite as a filter aid;
- installation of filter presses.

The proposed measures in combination allow increasing the purification efficiency of diffusion juice, reducing sucrose losses, decreasing juice and syrup color, and improving the quality of white sugar.

Keywords: lime milk, preliming tank, flocculant, perlite, clarifier, filtration.

					Annotation	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції.....	10
1.1 Аналіз сировинної бази та її значення для технології виробництва.....	10
1.2 Аналіз сировинної бази та її вплив на перебіг технологічних процесів.....	12
1.3 Обґрунтування потреби в модернізації сокоочисного відділення цукрового заводу.....	14
1.4 Дослідження сучасних методів підвищення ефективності виробництва цукру піску.....	15
1.5 Особливості перероблення цукрових буряків пониженої технологічної якості.....	40
Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічних схем.....	42
2.1 Заходи щодо удосконалення технології та обґрунтування підвищення ефективності за рахунок впровадження кожного із заходів.....	42
2.2 Опис удосконаленої технологічної схеми.....	44
Розділ 3. Характеристика сировини, основних і допоміжних матеріалів, готової продукції.....	46
Розділ 4. Технологічні розрахунки.....	50
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків.....	50
4.2 Продуктові розрахунки.....	50
4.3. Розрахунки витрат і запасів основної і додаткової сировини, тари, допоміжних та пакувальних матеріалів.....	54
4.4. Вибір і розрахунки продуктивності обладнання.....	54
Розділ 5. Розрахунок площ виробничих і складських приміщень.....	57
Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання.....	59
Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 та НАССР.....	63
7.1 Основи системи управління безпечністю харчової продукції НАССР.....	65
7.2 Основи системи управління якістю. Технохімічний контроль виробництва та метрологічне забезпечення.....	67

					Проект технічного переоснащення сокоочисного відділення на ТОВ "Красвид" Згурівського цукрового заводу з метою підвищення ефекту очищення соку (сmt. Згурівка, Київська область)					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст					
Розроб.		Книга А.О.						Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Гусятинська Н.А.							5	88
Затверд.		Карпович І.В.						ННІХТ НУХТ ЗТЦ-5-1		

Розділ 8. Інженерні системи та енергетичне господарство підприємства.....	72
Розділ 9. Система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження.....	74
Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві.....	78
Висновки.....	84
Список використаних джерел посилань.....	85

					Зміст	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Світовий ринок цукру є одним із найважливіших сегментів продовольчого ринку, оскільки виробництво цукру безпосередньо пов'язане із забезпеченням населення продуктами харчування, розвитком аграрного сектору та стабільністю економіки багатьох країн. Цукрова промисловість є складовою глобальної системи виробництва продовольства, а її розвиток визначається технологічними, економічними та екологічними чинниками [1].

Сучасні тенденції розвитку цукрової галузі спрямовані на підвищення ефективності виробництва, покращення якості продукції, розширення асортименту, зменшення енергоспоживання та впровадження ресурсозберігаючих технологій. Важливими напрямками розвитку галузі є модернізація технологічного обладнання, оптимізація водоспоживання та впровадження екологічно безпечних технологій виробництва.

Провідним світовим виробником бурякового цукру є Європейський Союз, на частку якого припадає близько половини світового виробництва цього виду продукції. Виробництво цукру в країнах ЄС регулюється спільною аграрною політикою, що передбачає підтримку виробників, координацію діяльності міжгалузевих організацій і встановлення вимог до якості продукції. Така система дозволяє забезпечити стабільність функціонування галузі та конкурентоспроможність продукції на світовому ринку.

Україна традиційно належить до країн із розвиненим бурякоцукровим виробництвом. Протягом тривалого часу вона була одним із провідних виробників цукру у світі. Незважаючи на скорочення обсягів виробництва в останні десятиліття, Україна і сьогодні входить до числа провідних держав за обсягами вирощування цукрових буряків і виробництва цукру поряд із країнами Європейського Союзу [2]. Цукрова промисловість України є важливою складовою агропромислового комплексу, оскільки забезпечує переробку сільськогосподарської продукції, створення робочих місць і формування доданої вартості у виробництві харчових продуктів [3]. Розвиток галузі сприяє підвищенню культури землеробства, удосконаленню агротехнологій і впровадженню науково обґрунтованих сівозмін.

Разом із тим сучасний стан бурякоцукрового виробництва характеризується низкою проблем, серед яких зменшення посівних площ цукрових буряків, зношеність технологічного обладнання, підвищення вартості енергоресурсів і необхідність підвищення конкурентоспроможності продукції [4]. У цих умовах особливого значення набуває модернізація виробництва та впровадження сучасних технологічних рішень.

Технологічний процес виробництва цукру з цукрових буряків складається з ряду взаємопов'язаних стадій: підготовки сировини, екстрагування сахарози, очищення дифузійного соку, випарювання, уварювання утфелів, ефективність

					Вступ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

виробництва, однак особливо важливу роль відіграє процес очищення дифузійного соку.

Очищення дифузійного соку є однією з ключових стадій бурякоцукрового виробництва, оскільки саме на цьому етапі видаляється основна частина нецукрів, що надходять із буряковою сировиною. Від ефективності цього процесу залежить якість напівпродуктів, стабільність подальших технологічних операцій і вихід готового цукру [5].

Процес очищення дифузійного соку включає попереднє вапнування, основну дефекацію, сатурацію, відстоювання та фільтрування. У результаті цих операцій відбувається коагуляція та осадження нецукрів, утворення карбонату кальцію і видалення домішок із соку. Однак ефективність цих процесів значною мірою залежить від якості бурякової сировини. При переробці буряків пониженої якості у дифузійному соці збільшується вміст колоїдних і високомолекулярних домішок, що погіршує седиментаційні та фільтраційні властивості осаду. Це призводить до ускладнення роботи очисного відділення, збільшення втрат сахарози та зниження якості напівпродуктів. У зв'язку з цим виникає необхідність інтенсифікації процесів очищення [6].

Одним із напрямів удосконалення сокоочисного відділення є застосування коагулянтів і флокулянтів, які сприяють укрупненню частинок осаду і покращенню його седиментаційних властивостей. Важливим заходом є також модернізація фільтраційного обладнання, зокрема використання фільтрпресів, які забезпечують більш ефективно зневоднення осаду та зменшення втрат сахарози. Для підвищення ефективності фільтрування можуть застосовуватися допоміжні фільтрувальні матеріали, зокрема перліт, що дозволяє формувати більш проникний фільтрувальний шар і покращувати прозорість фільтрату. Комплексне застосування таких технологічних рішень сприяє стабілізації роботи очисного відділення та підвищенню ефективності виробництва.

Отже, удосконалення процесів очищення дифузійного соку є важливим напрямом підвищення ефективності роботи цукрових заводів, зменшення втрат сахарози, зниження енергоспоживання та покращення якості готової продукції.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення проєкту технічного переоснащення сокоочисного відділення ТОВ «Краєвид» Згурівського цукрового заводу з метою підвищення ефективності очищення дифузійного соку, зменшення втрат сахарози та покращення технологічних показників виробництва цукру.

Об'єктом дослідження є технологія очищення дифузійного соку у виробництві цукру з цукрових буряків.

Предметом дослідження є технологічна схема очищення дифузійного соку, процес попереднього вапнування, фільтрування соку, ефект очищення та втрати сахарози.

					Вступ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі визначено такі завдання:

- Проаналізувати діяльність підприємства, стан сировинної бази та обґрунтувати необхідність модернізації сокоочисного відділення.
- Обґрунтувати вибір удосконаленої технології очищення дифузійного соку та розробити апаратурно-технологічну схему процесу.
- Охарактеризувати сировину, допоміжні матеріали та готову продукцію.
- Виконати технологічні розрахунки виробництва та визначити продуктивність обладнання.
- Розробити заходи з контролю якості, безпечності виробництва, енергозбереження, екологічної безпеки та охорони праці.

У роботі використано аналітичні, розрахункові та порівняльні методи досліджень, а також інженерно-технологічні розрахунки для обґрунтування модернізації сокоочисного відділення.

Науково-практичне значення кваліфікаційної роботи полягає у аналізі сучасних способів підвищення ефективності очищення дифузійного соку та розробленні заходів з удосконалення процесу очищення дифузійного соку шляхом застосування коагулянтів і флокулянтів, а також технічного переоснащення фільтраційного відділення, що дозволяє підвищити якість очищеного соку, зменшити втрати сахарози та покращити стабільність технологічного процесу.

					Вступ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ЗАХОДІВ, ВИБІР АСОРТИМЕНТУ ПРОДУКЦІЇ

1.1. Аналіз сировинної бази та її значення для технології виробництва

ТОВ «Краєвид» є одним з провідних підприємств з переробки цукрових буряків на території Київської області та відіграє важливу роль у розвитку регіональної цукрової промисловості. Історія створення заводу бере початок з ХХ століття: рішення про будівництво цукроварні у селищі Згурівка було ухвалене у 1910 році представниками графської родини Кочубеїв. Перші партії цукру були отримані у 1913 році, при цьому проектна потужність підприємства на початковому етапі становила 300 тонн цукрових буряків на добу.

У післявоєнний період завод було повністю відновлено, що дало змогу збільшити обсяги переробки сировини до 800 тонн буряків на добу. Подальший розвиток підприємства супроводжувався проведенням масштабних реконструкцій, які відбулися у 1960 та 2002 роках. У результаті технічного переоснащення було змінено паливну базу виробництва – завод перейшов із використанням мазуту на природний газ, що сприяло підвищенню енергоефективності та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

На підприємстві систематично здійснюються заходи з модернізації технологічного обладнання та виробничих процесів, спрямовані на покращення якості готової продукції та зниження собівартості. Упродовж 2013-2015 років основним напрямом технічного оновлення стало переведення котлів типу ДКВР на використання альтернативного виду палива – торфу.

На теперішній час завод спеціалізується на виробництві цукру II та III категорій, який реалізується під торгівельною маркою «Краєвид». Окрім основної продукції, у процесі переробки буряків утворюються побічні продукти, зокрема меляса, жом та вапно, які реалізуються на внутрішньому ринку та знаходять широке застосування у суміжних галузях.

Перспективні плани розвитку підприємства передбачають суттєве збільшення обсягів заготівлі цукрових буряків – до 270 тис. тонн на рік, а також нарощування виробництва цукру до 38 тис. тонн. Для досягнення зазначених показників заплановано проведення низки технічних заходів, серед яких заміна першого корпусу випарної установки, встановлення сучасних центрифуг для утфелів I, II та III продуктів, а також монтаж вертикальних мішалок-кристалізаторів для утфелів III продукту [7,8].

У виробничому сезоні 2022 року підприємством було перероблено 114405 тонн цукрових буряків протягом 41 доби, внаслідок чого отримано 17005 тонн цукру-піску. Сезон 2023 року характеризувався суттєвим зростанням виробничих

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показників: за 90 діб було перероблено 207165 тонн буряків із середнім показником цукристості 17,04%, що дало змогу виготовити 34001 тону цукру-піску. Стратегія розвитку підприємства на найближчу перспективу спрямована на подальше нарощування сировинної бази до 270 тис. тонн та доведення обсягів виробництва цукру до 38 тис. тонн на рік, що потребує реалізації запропонованих заходів з оновлення технологічного обладнання.

Ресурсне забезпечення виробництва ґрунтується на використанні цукрових буряків як єдиної сировини, які надходять із основних сировинних зон, розташованих у Київській, Чернігівській та Полтавській областях. Промислове водопостачання підприємства здійснюється з річки Супій: за допомогою насосів продуктивністю 500 м³/год вода транспортується трубопроводом діаметром 400 мм і довжиною 18 км до приймального збірника, розташованого поблизу насосної станції заводу. Надлишкові обсяги річкової води акумулюються у спеціальному технічному ставку, що дозволяє використовувати їх у міжсезонний період.

Загальний обсяг води, що подається з річки Супій протягом виробничого сезону, становить 420000 м³, з яких 268,5 тис. м³ використовується безпосередньо у технологічних процесах, 23,5 тис. м³ – на допоміжні потреби (бурякопункт, полив, дорожнього покриття), а 128 тис. м³ – на гідровипробування та замивку обладнання заводу. Технічний стан водопровідних джерел і трубопроводів оцінюється як задовільний. Питне водопостачання забезпечується міським водоканалом за рахунок артезіанських свердловин загальною потужністю 22 м³.

Забезпечення підприємства тепловою та енергетичною енергією здійснюється за рахунок власної теплоелектроцентрالی, до складу якої входять три парові котли типу ДКВР-20-23-370, реконструйовані у 2000 році для роботи на природному газі та торфі, а також три парові турбіни типу ОР-1,5-3,0 одна з яких була введена в експлуатацію у 2022 році.

На підприємстві функціонує корпоративна інтегрована система менеджменту, яка охоплює управління якістю продукції, безпечністю харчових продуктів, охороною праці, промисловою безпекою, екологічною діяльністю та енергетичним менеджментом. Зазначені системи сертифіковані відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 та FSSC 22000.

Виробнича структура Згурівського цукрового заводу має складну та розгалужену організацію, що зумовлено необхідністю забезпечення безперервного основного виробничого процесу. Загальна площа земельної ділянки підприємства становить 256,6 га, з яких 135,5 га займаються під'їзні шляхи від залізничної станції Яготин, 42,5 га відведено під виробничі та допоміжні об'єкти, 71,9 га використовується для розміщення відстійників стічних вод, 5,8 га займає кагатне поле, а 1,9 га припадає на прибудинкову територію.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Організаційна структура підприємства включає основні виробничі цехи, розташовані в головному корпусі, які забезпечують повний цикл переробки цукрових буряків – від їх подачі та подрібнення, до отримання очищеного соку, випаровування, варіння утфелів, центрифугування, сушіння та фасування готової продукції.

Допоміжні підрозділи, до складу яких входять теплоелектроцентрально-турбінний зал, електроцех, вапнякове відділення, бурякопереробний пункт, сировинна лабораторія, водне господарство та ремонтно-будівельна дільниця, забезпечують стабільну та безперебійну роботу основного виробництва. Обслуговуючі підрозділи виконують функції транспортування сировини і готової продукції, зберігання матеріальних ресурсів, охорони майна та здійснення розвантажувальних робіт.

Планування виробничих приміщень здійснене з урахуванням принципів потоковості технологічних процесів, габаритів обладнання, необхідних проходів і проїздів, а також дотримання вимог будівельних норм, технологічного проектування, санітарних правил і техніко-економічних показників.

1.2. Аналіз сировинної бази та вплив якості цукрових буряків на ефективність технологічних процесів

Цукровий буряк є однією з провідних цукроносних культур у світовому агропромисловому виробництві та має важливе значення для задоволення потреб внутрішнього і зовнішнього ринків у цукрі. У багатьох економічно розвинених країнах вирощування альтернативних джерел цукру, зокрема цукрових буряків, розпочалося ще в минулі століття з метою зменшення залежності від імпорту, стабілізації продовольчого ринку та розвитку експортного потенціалу. Саме цукровий буряк вважається однією з найбільш ефективних сировин для промислового виробництва цукру, оскільки характеризується високим вмістом сахарози, який зазвичай становить 16-20% від маси коренеплоду [9].

Якість цукрових буряків має визначальний вплив на перебіг усіх подальших стадій технологічного процесу цукрового виробництва – від приймання та зберігання сировини до заключної стадії кристалізації цукру [10,11]. Саме початкові властивості буряків значною мірою формують ефективність переробки, рівень втрат сахарози, витрати енергії та допоміжних матеріалів, а також якість готової продукції.

До основних показників якості цукрових буряків належать:

- Цукристість (вміст сахарози). Цей показник визначає потенційний вихід товарного цукру з одиниці сировини. Висока цукристість буряків (у межах 16-20%) є технологічно та економічно доцільною, оскільки безпосередньо впливає на обсяг отриманого цукру та сприяє зниженню питомих витрат на переробку, включаючи витрати пари, електроенергії та реагентів.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- Вміст нецукрів. До нецукрових компонентів належать мінеральні солі, азотисті сполуки, пектинові та колоїдні речовини, органічні кислоти та інші домішки. Дані речовини є баластними і ускладнюють технологічний процес, знижують коефіцієнт вилучення сахарози, сприяють утворенню меляси та призводять до збільшення витрат хімічних реагентів і енергії на очищення дифузійного соку. Особливо небажаними є сполуки калію, натрію та азоту, які належать до м'ясо утворюючих компонентів і суттєво погіршують вихід кристалічного цукру.

- Засміченість буряків. Засміченість сировини включає наявність ґрунту, каміння, рослинних залишків та інших сторонніх домішок. Підвищена засміченість спричиняє механічні страти буряків, інтенсивний знос обладнання, а також потребує збільшення витрат води та енергії та стадій мийки й очищення.

- Ступінь ураження хворобами та шкідниками. Пошкоджені або уражені буряки мають знижену стійкість до зберігання, швидше зазнають мікробіологічного псування, що супроводжується втратами сахарози та накопичення небажаних сполук, зокрема декстринів, які негативно впливають на реологічні властивості соку та утфеля.

Сировинна база Згурівського цукрового заводу формується за рахунок постачання цукрових буряків із Київської, Чернігівської та Полтавської областей. Така територіальна диверсифікація джерел сировини сприяє підвищенню стабільності постачання буряків та зменшенню ризиків, пов'язаних із несприятливими погодними умовами або зниженням урожайності в окремих регіонах. Разом із тим, використання буряків із різних ґрунтово-кліматичних зон потребує посиленого контролю якості сировини з метою забезпечення її однорідності перед переробкою.

Якість цукрових буряків безпосередньо суттєво впливає на ефективність усіх стадій технологічного процесу цукрового виробництва:

1. Приймання та зберігання. Підвищена засміченість і механічні пошкодження буряків призводять до зростання втрат на етапі приймання, погіршують умови зберігання в кагатах та створюють сприятливі умови для розвитку мікрофлори. Це, у свою чергу, сприяє гідролітичному розкладанню сахарози та зниженню її вмісту в сировині.

2. Мийка буряків. Високий рівень забруднення сировини зумовлює необхідність використання більших обсягів води та електроенергії для ефективного очищення, а також збільшує навантаження на систему очищення стічних вод підприємства.

3. Екстракція сахарози. Хімічний склад буряків, зокрема вміст нецукрових речовин, безпосередньо впливає на перебіг дифузійного процесу. Підвищений вміст пектинових і колоїдних сполук ускладнює дифузію сахарози, знижує вихід дифузійного соку та може спричинити засмічення та нестабільну роботу дифузійних апаратів.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

4. Очищення дифузійного соку. Цей етап є одним з найбільш чутливих до якості сировини. Високий вміст нецукрів, зокрема солей калію, натрію та азотистих сполук, зумовлює збільшення витрат вапна і діоксиду вуглецю, ускладнює процеси осадження, фільтрації та седиментації, а також підвищує навантаження на очисні споруди. Ефективність очищення визначає чистоту соку, яка є критично важливою для подальших технологічних операцій.

5. Випаровування та кристалізація. Якість очищеного соку істотно впливає на процеси випаровування і кристалізації. Наявність значної кількості нецукрів у сиропі знижує швидкість випаровування, підвищує в'язкість утфеля, уповільнює ріст кристалів цукру та сприяє інтенсивнішому утворенню меляси. У результаті знижується вихід кристалічного цукру та збільшуються витрати сахарози з побічними продуктами [12,13].

Таким чином, якість сировинної бази є фундаментальним чинником, що визначає технологічні параметри процесу, економічну ефективність виробництва (витрати енергії, води та реагентів) і кінцевий вихід цукру на Наркевицькому цукровому заводі. Систематичний контроль та оптимізація показників якості цукрових буряків є необхідною умовою забезпечення стабільної, ефективної та конкурентоспроможної роботи підприємства.

1.3 Обґрунтування доцільності переоснащення сокоочисного відділення цукрового заводу

Очищення дифузійного соку на заводі здійснюється за класичною вапняно-вуглекислою схемою, яка адаптована для переробки буряків різної якості. Технологічна схема включає сумісну обробку дифузійного соку, попередню та основну defeкацію, двоступеневу I сатурацію, defeкацію перед II сатурацією, II сатурацію, контрольну фільтрацію, випаровування та сульфитацію сиропу.

Дифузійний сік після мезгоуловлювача через збірник і витратомір надходить у переддефекатор РЗ-ППА з циліндричним корпусом, розділеним на шість секцій для забезпечення рециркуляції більш лужного соку із розташованої вище секції і перемішування вмісту. В середині апарату, на вертикальному валу змонтовані турбінки закритого типу для регулювання кількості рециркуляту. Температура процесу становить 58-60°C. Метою попередньої defeкації є видалення частини високомолекулярних та колоїдних нецукрів із формуванням стійкого осаду.

Із попереднього дефекатора сік надходить на основну defeкацію, яка складається з теплої та гарячої стадій. Гаряча ступінь основної defeкації здійснюється у вертикальному апараті при температурі 85-88°C і лужності 0,8-1,2 % СаО при часі перебування 5-7 хвилин. Технологічні умови проведення основної defeкації забезпечують максимальний розклад амідів, солей амонію, редукувальних сполук сполук без значної пептизації коагуляту.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Після гарячої дефекації сік самопливом надходить у апарат І сатурації, що складається з двох послідовно зв'язаних корпусів – 1 «А» і 1 «Б». Сатурація проводиться в барботажних апаратах із внутрішньою циркуляцією соку. В корпусі «А» лужність знижується до 0,3-0,5 % СаО, у «Б» - до 0,09-0,10 % СаО.

Ступінь використання СО₂ у ІІ сатураторі становить 65-68%. Після сатурації сік спрямовується у відстійники, де відбувається розділення на освітлений сік і суспензію. Освітлений сік подається на контрольну фільтрацію на дискових фільтрах, а суспензія повертається у ПКП.

Після контрольної фільтрації сік ІІ сатурації з концентрацією сухих речовин 1314% надходить на випарну установку. У першому корпусі випарки температура кипіння обмежується 126-128°C, для запобігання розкладанню сахарози. Поступово проходячи всі корпуси та концентратор, сік згущується до вмісту сухих речовин 60-65% після чого сироп надходить у збірник.

Сироп змішується з клеровкою і піддається сульфитації з метою знебарвлення та стабілізації, після чого він фільтрується на дискових фільтрах. Відфільтрований сироп направляється у збірники перед вакуум-апаратами.

Окрім застарілого контрольного-вимірювального обладнання, експлуатацію сокоочисного відділення ускладнюють коливання параметрів дифузійного соку, недостатній рівень автоматизації дозування реагентів, підвищене навантаження на фільтраційне обладнання та значні втрати сахарози з осадами, що знижує загальну ефективність процесу очищення.

1.4. Аналіз сучасних способів очищення дифузійного соку з метою підвищення ефективності технологічних процесів

Ефективність очищення дифузійного соку є одним з ключових чинників, що визначають як кількісні показники виходу цукру, та і його якісні характеристики. Аналіз сучасних технологічних підходів до очищення дифузійного соку свідчить, що підвищення ефективності цього процесу досягається насамперед за рахунок раціональної організації технологічних режимів, які забезпечують належні седиментаційні та фільтраційні властивості соку при одночасному досягненні високого ступеня його очищення [14].

До основних напрямів інтенсифікації процесів сокоочищення належать максимальне осадження речовин колоїдної дисперсності та високомолекулярних сполук, активація процесів розкладу моноцукридів в амідів, ефективна адсорбція нецукрових компонентів на поверхні карбонату кальцію, а також зниження залишкового вмісту кальцію в очищеному соку [15]. Реалізація зазначених процесів сприяє підвищенню чистоти соку, покращенню умов його подальшого концентрування та кристалізації, а також зменшенню втрат сахарози з мелясою.

Виходячи з основних цільових орієнтирів розвитку цукрової галузі, зокрема необхідності підвищення рівня використання виробничих потужностей,

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшення виходу цукру з одиниці сировини, покращення якості готової продукції та скорочення витрат допоміжних матеріалів і енергетичних ресурсів, було розроблено низку варіантів технологічних схем очищення дифузійного соку. Зазначені схеми відрізняються послідовністю проведення дефекаційно-сатураційних процесів, температурними режимами, ступенем автоматизації та апаратурним оформленням [16].

Частина сучасних технологічних рішень успішно впроваджена та експлуатується на вітчизняних і закордонних цукрових заводах, що підтверджує їх ефективність з точки зору підвищення якості очищення дифузійного соку, зменшення втрат сахарози та оптимізації матеріальних і енергетичних витрат.

Попередня дефекація

Попередня дефекація є початковим етапом хіміко-технологічної обробки дифузійного соку та полягає в його обробленні відносно невеликою кількістю вапна (0,25-0,35% СаО до маси перероблюваних буряків). Основною метою цього процесу є підвищення ефективності очищення соку за рахунок максимально можливого видалення окремих груп нецукрових компонентів, зокрема шляхом коагуляції високомолекулярних сполук (білків і пектинів), а також осадження аніонів органічних кислот, які взаємодіють з катіонами кальцію з утворенням малорозчинних солей.

У сучасних технологічних схемах переддефекації додатково застосовується повернення в дифузійний сік сатураційного осаду, що містить дрібнодисперсні частинки карбонату кальцію. завдяки цьому досягається посилений адсорбційний ефект, який сприяє видаленню розчинних нецукрів, зокрема аніонів органічних кислот, залишкових ВМС та барвних сполук, шляхом їх адсорбції на поверхні СаСО₃ [17].

Сформований у процесі переддефекації осад повинен мати структуру, достатньо стійку до впливу високої температури та підвищеної лужності, характерних для стадії основної дефекації, а також не створювати ускладнень під час фільтрації соків. Ступінь вилучення нецукрових компонентів на етапі попередньої дефекації значною мірою визначає чистоту очищеного соку. Так, аніони органічних кислот, що не були видалені, є джерелом підвищеного вмісту солей кальцію в очищених соках, що ускладнює перебіг наступних стадій технологічного процесу. Високомолекулярні сполуки білкової та пектинової природи сприяють зниженню чистоти соку, погіршують умови його фільтрації та негативно впливають на процес кристалізації цукрози. Таким чином, попередня дефекація істотно впливає на загальну ефективність технологічного процесу виробництва бурякового цукру, а нецукри, що не видаляються на цьому етапі, знижують якість очищеного соку та погіршують його седиментаційно-фільтраційні властивості[18].

На практиці застосовують холодну, теплу та гарячу попередню дефекацію. За холодної переддефекації гідроксид кальцію вводять у дифузійний сік

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

температурою до 50°C, при теплій переддефекації температура соку становить 50-60°C, при гарячій переддефекації дифузійний сік попередньо нагрівають до 85-90°C, після чого здійснюють його підлучення вапном.

Одноразова (оптимальна) попередня дефекація

Оптимальна одноразова попередня дефекація проводиться при температурі 85-90°C із застосуванням нормально відсатурованого не фільтрованого соку І сатурації у кількості 100-150 % до маси буряків та дефекованого соку у кількості 15-30% до маси буряків.

На основі накопиченого практичного досвіду та результатів експериментальних досліджень оптимальних умов попередньої дефекації О. Шпенглер у 30-х роках ХХ століття запропонував спосіб одноразової обробки дифузійного соку вапном до досягнення оптимального значення $pH_{20} \approx 11,0$ з подальшим витримуванням соку при даній лужності протягом визначеного часу. При реалізації цього способу надзвичайно важливим є швидке введення вапна (протягом кількох десятків секунд) у кількості, що забезпечує досягнення заданого рівня pH_{20} . Обов'язковою умовою є інтенсивне перемішування соку з вапняним молоком з метою запобігання місцевому перелуженню, яке негативно впливає на технологічні показники очищення.

За даними Шпенглера, застосування одноразової попередньої дефекації дозволяє отримати соки з меншою забарвленістю та зниженим вмістом солей кальцію. Водночас суттєвим недоліком цього способу є миттєва коагуляція ВМС, унаслідок чого формується пористий осад із хаотичним механічним переплетінням частинок без чіткої орієнтації, що негативно впливає на його фільтраційні властивості [19].

Прогресивна попередня дефекація

З метою усунення недоліків одноразової переддефекації Й. Дедек і Й. Вашатко розробили спосіб прогресивної попередньої дефекації, який передбачає поступове введення вапна в дифузійний сік протягом 10-20 хвилин. У результаті цього рН соку плавно зростає до оптимального значення. За таких умов коагуляція ВМС відбувається повільно й поетапно, при цьому первинні частинки коагулянту виконують роль центрів кристалізації для подальшого нарощування агрегатів. Це забезпечує формування більших, більш дегідратованих і ущільнених частинок осаду, стійких до дії високої температури та лужності основної дефекації, з покращеними седиментаційно-фільтраційними показниками.

Перевагою прогресивної переддефекації є також те, що навіть незначне перевищення оптимального значення рН не призводить до суттєвого повторного розчинення зкоагульованих ВМС. Разом з тим у процесі промислової експлуатації були виявлені недоліки, пов'язані з локальним перелуженням соку в місцях імпульсивного введення вапняного молока вздовж висоти або довжини переддефекатора. У результаті замість плавного зростання рН фактично

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спостерігається його стрибкоподібне підвищення, що повною мірою відповідає вимогам прогресивного підлужнення.

Додатковим недоліком способу Дедека-Вашатко є використання висококонцентрованого вапняного молока (близько 20% CaO), концентрація якого у десятки разів перевищує оптимальну лужність переддефекованого соку. З цієї причини на практиці нерідко застосовують менш лужні реагенти, зокрема дефекований сік або нефільтрований сік I сатурації.

О. Віклунд зазначає, що утворення зон підвищеної лужності в протиточних прогресивних переддефекаторах призводить до формування слизистої структури коагульованих ВМС, що різко погіршує фільтраційні властивості та якість очищеного соку. Такі порушення не можуть бути усунуті на подальших стадіях технологічного процесу й повинні бути повністю виключені [14,20].

Прогресивна протитечійна попередня дефекація

Для усунення ефектів місцевого перелужнення А. Брігель-Мюллер запропонував здійснювати прогресивну попередню дефекацію за протитечійною схемою з введенням висококонцентрованого вапняного молока лише в завершальну секцію перед дефекатора, де забезпечується досягнення оптимально кінцевої лужності. Частина більш лужного соку з останньої секції повертається протитечійно до потоку дифузійного соку у 2-3-кратному співвідношенні, що забезпечує поступове та рівномірне зростання рН у кожній наступній секції без утворення зон локального перелужнення[21].

За концепцією Брігель-Мюллера процес прогресивної протитечійної переддефекації поділяється на дві основні зони:

1. Метастабільну зону (рН 8-9), у якій ВМС зазнають структурних змін і набувають здатності до адсорбції
2. Коагуляційну зону, де стабілізовані ВМС осаджуються у вигляді адсорбційних комплексів із частинками карбонату кальцію з подальшим укрупненням агрегатів при підвищенні рН.

Поступове проходження ВМС через метастабільну область забезпечує їх часткову дегідратацію та інтенсивну адсорбцію на рециркульованих зародках CaCO₃, у наслідок чого формуються щільні, механічно стійкі агрегати з покращеними седиментаційно-фільтраційними характеристиками [14].

На сьогодні найбільш досконалим варіантом реалізації цього принципу вважається прогресивна протитечійна перед дефекація за схемою Брігель-Мюллера, яка впроваджена у горизонтальних та вертикальних переддефекаторах і широко використовується на цукрових заводах.

Для забезпечення поступового наростання рН і лужності соку (без зон вапняного перелуження) в теперішній час найкращою вважається прогресивна протитечійна переддефекація за принципом Брігель-Мюллера, яка реалізується в горизонтальному коритному переддефекаторі, що увійшов у технологічні схеми очищення дифузійного соку цукрових заводів багатьох

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

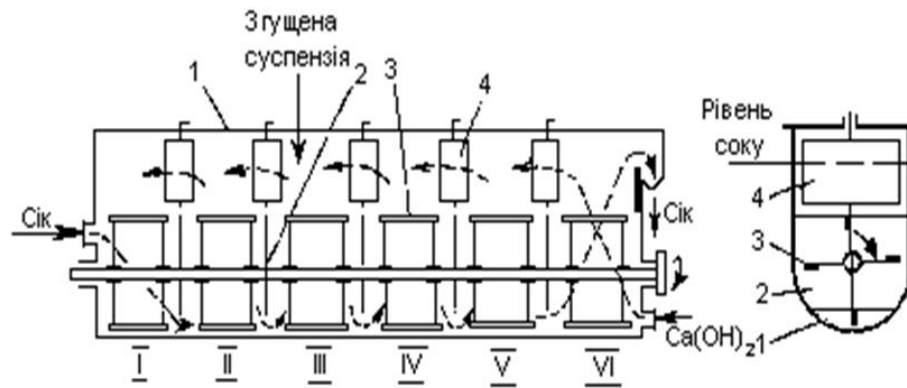


Рисунок 1.1 – ПереддефекаторБрігель-Мюллера

У переддефекаторіБрігель-Мюллера завдяки поперечним нерухомим перегородкам 2, що не доходять до дна , коритний корпус 1 розділений на шість секцій, в яких знаходиться горизонтальний вал з лопатями 3. Над кожною перегородкою 2 є шибер 4, який можна повертати навколо своєї вертикальної осі і, фіксуючи у визначальному положенні, забезпечувати таким чином рециркуляцію (через щілини між шиберами 4 і корпусом) необхідної кількості більш лужного соку із секції в секцію, протитечійно основному потоку, щоб мати задану криву підвищення рН по секціям до отримання оптимальної величини в останній.

Експлуатація перед дефекатора Брігель-Мюллера дає можливість при підвищеному ефекті очищення соку, мати високі седиментаційно-фільтраційні показники і навіть деяке зниження витрат вапна.

За технологічним принципом Брігель-Мюллера створений вертикальний прогресивний протитечійний переддефекатор РЗ-ППА конструкції КТІХП, який впроваджений на 12 цукрових заводах [20,22].

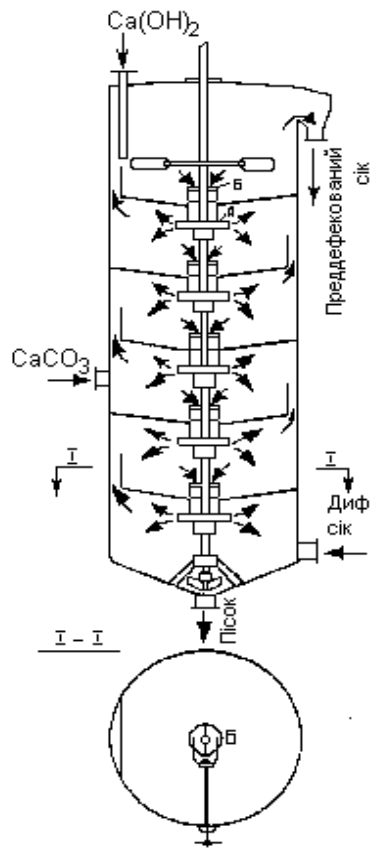


Рисунок 1.2 – Переддефекатор РЗ-ППА

Переддефекатор РЗ-ППА має форму циліндричного корпусу, розділеного на шість секцій. В кожній секції апарата, для здійснення рециркуляції більш лужного соку із розташованої вище секції і перемішування вмісту, на вертикальному валу змонтовані турбінки закритого типу (А), а для регулювання кількості поступаючого на турбінку рециркуляту, на верхній кромці направляючого потік циліндра встановлені регулюючі сегментні заслонки (Б).

Турбінки одночасно виконують функції як насоса для перекачування необхідного об'єму більш лужного соку із розташованої вище секції, так і ефективної мішалки для швидкого змішування поверненого соку із соком основного потоку, що входить знизу в дану секцію. При порівняльних промислових випробуваннях перед дефекаторів РЗ-ППА і Брігель-Мюллера були отримані такі технологічні показники: ефекти очищення соку на переддефекації відповідно 12,3 і 10,2 %, а величини ступенів видалення ВМС – 45,6 і 39,7 %.

Вертикальний прогресивний протитечій ний переддефекатор РЗ-ППА має деякі переваги перед горизонтальним апаратом Брігель-Мюллера:

1. Набагато менша поверхня контакту соку з повітрям практично виключає окислення соку, піннення, втрати тепла;
2. Вертикальний переддефекатор займає набагато меншу виробничу площу і має в два рази меншу металоємність;

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3. Конструкція перегородок у вертикальному переддефекаторі дає можливість організувати правильний протитечійний рух потоків без наявного байпасу, що має місце під нерухомими перегородками в нижній частині горизонтального апарата Брігель-Мюллера;

4. Нескладне і швидке регулювання зміни рН соку по секціям з допомогою заслонок [23,24].

Спосіб попереднього вапнування із застосуванням коагулянту ОСА

Спосіб попереднього вапнування із застосуванням коагулянту ОСА має низку переваг порівняно з класичним способом з використанням лише вапна. По-перше, застосування ОСА забезпечує більш ефективне видалення нецукрів із дифузійного соку, що покращує його чистоту і зменшує забарвленість. По-друге, введення коагулянту сприяє утворенню щільного осаду, що прискорює процес седиментації та полегшує фільтрування. По-третє, комбіноване використання ОСА та флокулянту ПГМГХ підвищує стабільність осаду і покращує технологічні показники навіть для буряків погіршеної якості.

Оптимальні режими процесу залежать від якості буряків. Для буряків кондиційної якості рекомендовано витрати ОСА 0,01–0,02 % до маси соку при рН 9,5–10,2 і температурі 55–60 °С. Для буряків погіршеної якості витрати ОСА складають 0,02–0,025 % при рН 9,5–10,5 і тривалості попереднього вапнування 10–12 хвилин. Комбіноване введення ОСА і ПГМГХ дозволяє підвищити швидкість осадження осаду на 30–60 % і зменшити кольоровість соку на 30–40 %.

Завдяки цьому спосіб попереднього вапнування із застосуванням ОСА забезпечує підвищення виходу білого цукру, покращення його якості та стабільність технологічного процесу очищення соку.

Для практичної реалізації запропонованого способу розроблена технологічна схема процесу попереднього вапнування із застосуванням коагулянту ОСА (рис. 1.3).

Відповідно до технологічної схеми, дифузійний сік після мезговловлювача надходить в апарат попереднього вапнування (3), поступово збільшується лужність соку до оптимального значення. В п'яту секцію апарату попереднього вапнування з напірного збірника (6) після змішування з частиною (10...20 %) дифузійного соку додається розчин основного сульфату алюмінію.

Розчин коагулянту готується певної концентрації в діапазоні 8...12 % та кількісно додається за допомогою дозатора у змішувач (7). Для приготування розчину ОСА застосовується мішалка (5). З апарату попереднього вапнування сік надходить на теплу стадію попереднього вапнування і далі обробляється за типовою схемою очищення.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

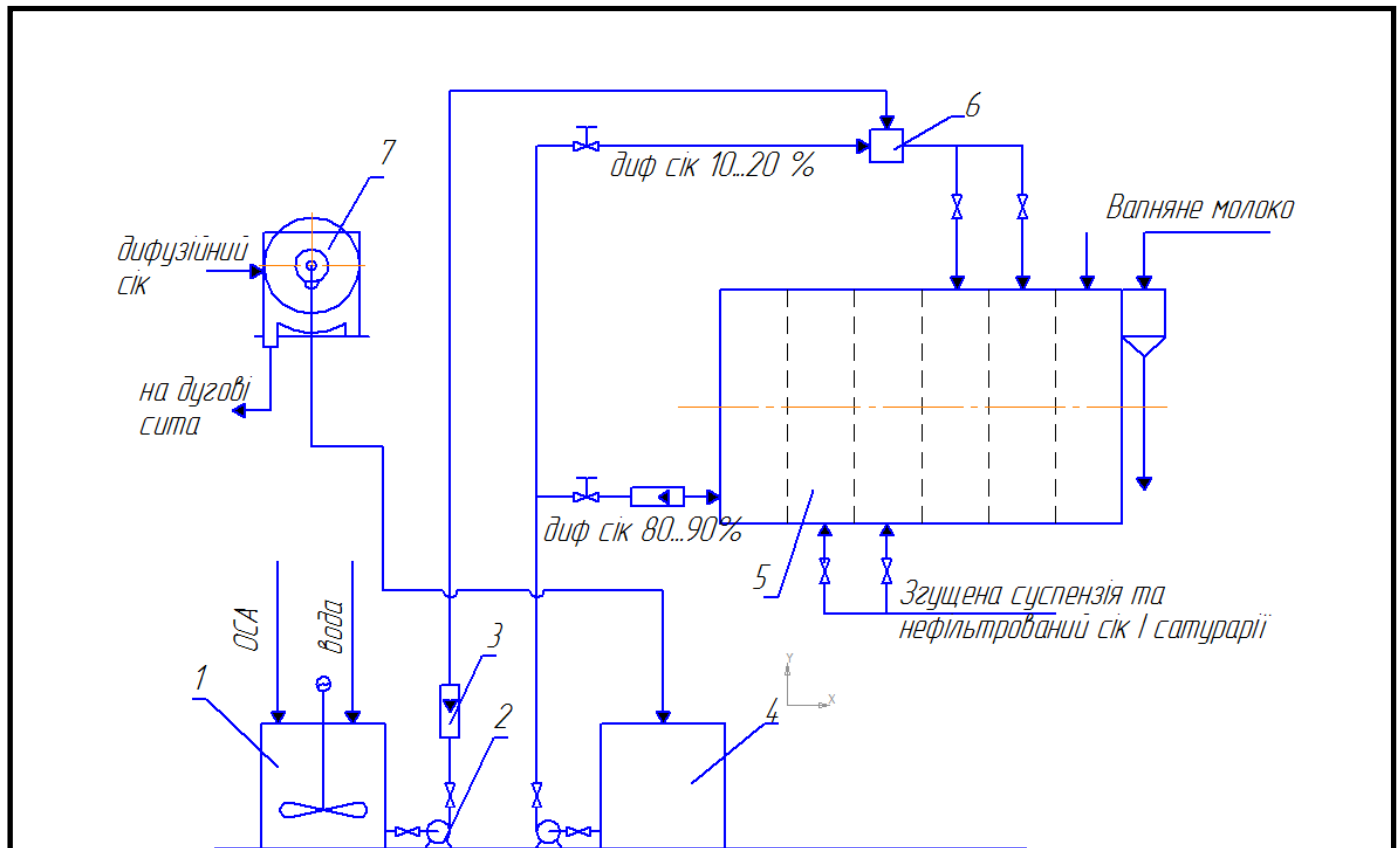


Рисунок 1.3- Апаратурно-технологічна схема застосування ОСА під час попереднього вапнування

1. Збірник дифузійного соку після мезговловлювачів;
2. Відцентровий насос;
3. Апарат попереднього вапнування типу Брігеля-Мюллера;
4. Дозатор вапняного молока;
5. Збірник-мішалка розчину основного сульфату алюмінію;
6. Напірний збірник-дозатор розчину сульфату алюмінію.
7. Змішувач[25,26].

Відстійники

П'ятирусний відстійник являє собою вертикальний апарат циліндричної форми, внутрішній об'єм якого по висоті поділений нахиленими конічними перегородками на одну верхню підготовчу та п'ять робочих секцій. Уздовж осі апарата розміщений порожнистий обертовий вал, обладнаний шкребковими пристроями для згрібання осаду.

Нефільтрований сік після I сатурації надходить спочатку у верхню підготовчу секцію, де відбувається відокремлення піни, після чого через спеціальні вікна потрапляє всередину порожнистого валу. Далі за допомогою розподільних патрубків сік рівномірно подається в робочі секції відстійника.

Освітлений сік відводиться з кожної секції через внутрішні та зовнішні кільцеві колектори (діаметром близько 100 мм) у контрольний переливний

збірник, тоді як осад за допомогою шкребків згрібається до центру секцій, розбавляється соком і транспортується трубопроводами до збірника згущеної суспензії. Вміст твердої фази у згущеній суспензії становить 220–250 кг/м³.

Середня швидкість осадження часток у сатураційному соку складає приблизно 3 см/хв, при цьому мінімально допустима швидкість не повинна бути нижчою за 1 см/хв. Зі зростанням концентрації твердої фази швидкість седиментації зменшується, тому для стабільної роботи відстійника необхідно забезпечувати рівномірну подачу соку та відбір згущеної суспензії. У нормальному режимі з апарата відводиться 75–80 % декантату та 20–25 % згущеної суспензії, а прозорість освітленого соку регулюється інтенсивністю його відбору з робочих секцій.

За переробки кондиційних цукрових буряків і соку I сатурації належної якості (рН = 10,8–11,1; температура близько 85 °С) тривалість відстоювання становить 90–120 хв, а невраховані втрати сахарози не перевищують 0,03 % від маси буряків. У разі надходження некондиційної сировини з підвищеним вмістом редукувальних речовин виникає необхідність зниження рН соку, оскільки за підвищеної лужності погіршуються умови осадження та подальшого фільтрування. За таких умов тривалість відстоювання може збільшуватися до 180–240 хв, а втрати сахарози до 0,10 % від маси буряків.

З метою інтенсифікації процесу відстоювання соку I сатурації були розроблені одно- та багатоярусні відстійники з осадженням часток у вертикально-висхідному потоці, ефективність яких суттєво зростає за умови застосування флокулянтів.

В одноярусному відстійнику сік I сатурації підводиться знизу під шар ущільненого осаду по вертикальній осі апарата через розширювальну трубу, над якою встановлюється дефлекторна пластина для спрямування потоку до периферії. Розчин флокулянта вводиться дозувальним насосом у сокову магістраль перед відстійником. Межа поділу між освітленим соком і згущеним осадом підтримується автоматичним регулюванням відбору суспензії на вакуум-фільтри.

Недоліком таких відстійників є нерівномірний розподіл потоку по перетину ярусу, однак реалізація принципу розосередженого підведення та відведення соку дозволяє виключити стадію вільного осадження й істотно зменшити габарити робочої зони апарата. В результаті залишається лише завершальна стадія — ущільнення осаду.

Промислова експлуатація цих відстійників на цукрових заводах показала, що за продуктивності 2,7 м³/хв вміст каламуті в освітленому соку не перевищує 0,13 %, тоді як у традиційних відстійниках цей показник сягає 0,34 %. Час перебування соку в апараті при цьому скорочується до 10 хв [27].

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстійники з горизонтальним рухом потоку

Відстійники з горизонтальним режимом відстоювання виконані у вигляді вертикального циліндричного апарата діаметром близько 5,5 м із корисною площею осадження приблизно 140 м². Внутрішній об'єм апарата по висоті розділений чотирма конічними перегородками, встановленими під нахилом, сумарна площа яких становить близько 95 м². У центральній частині відстійника розміщений вертикальний вал з отворами, розташованими навпроти кожної секції, що забезпечує рівномірний перехід сатураційного соку між зонами апарата.

До вала приєднані лопаті зі скребками, які здійснюють механічне зчищення осаду та спрямовують його до центральної частини відстійника. Сатураційний сік надходить спочатку до верхньої підготовчої зони, де відбувається видалення піни, після чого через верхній патрубок потрапляє всередину вала, рухається вниз і розподіляється між секціями для подальшого відстоювання. Освітлений декантат, що накопичується у верхній частині секцій, відводиться на стадію контрольної фільтрації, тоді як згущена суспензія спрямовується на вакуум-фільтри.

До основних недоліків відстійників типу РМЗ належать нерівномірний розподіл осаду між секціями та значна тривалість перебування соку в апараті, яка сягає близько 2,5 год. [20].

Відстійники з вертикально-висхідним потоком

З метою інтенсифікації процесу освітлення сатураційних соків і скорочення часу їх відстоювання розробляються відстійники з вертикально-висхідним рухом рідкої фази. Така гідродинамічна схема дозволяє підвищити одиничну продуктивність апарата за рахунок збільшення його діаметра без зміни висоти робочої секції. Особливістю цього принципу є виключення стадії вільного осадження, оскільки освітлений сік вводиться безпосередньо під шар ущільненої суспензії.

Додатковою перевагою є покращення умов розділення фаз завдяки раціональному розподілу потоків підвідного та відвідного соку по перерізу апарата. Ефективна робота таких відстійників можлива лише за умови застосування флокулянтів, які сприяють укрупненню часток і прискоренню процесу осадження. Принцип дії ґрунтується на тому, що швидкість висхідного потоку рідкої фази є нижчою за швидкість осідання твердої фази.

Сатураційний сік з доданим флокулянтом подається знизу через центральну трубу, після чого за допомогою відбивної пластини розподіляється радіально і проходить через шар осаду у висхідному напрямку. При цьому густина згущеної суспензії зростає від верхніх до нижніх шарів. Короткий час перебування соку в апараті (приблизно 10 хв) не призводить до погіршення його якості, запобігає зростанню кольоровості, концентрації іонів кальцію Ca²⁺ та

втратам цукрози, характерним для тривалого перебування соку при підвищеній температурі в лужному середовищі гравітаційних відстійників [20].

Відстійники з тонкошаровим потоком

У відстійниках з тонкошаровим режимом осадження інтенсифікація процесу досягається шляхом встановлення системи паралельних перегородок у нахиленій камері, внаслідок чого формуються похилі плоскі канали. Таке конструктивне рішення розділяє потік суспензії на велику кількість тонких шарів, що суттєво збільшує загальну поверхню седиментації та забезпечує скорочення тривалості осадження.

За незмінних гідравлічних умов і однакових седиментаційних властивостей суспензії збільшення питомої поверхні осадження дозволяє зменшити висоту осаджуваного шару та відповідно час перебування соку в апараті. До основних переваг відстійників цього типу належать можливість значного скорочення тривалості освітлення та підвищення продуктивності апарата без збільшення його габаритів [28].

Флокулянти

Флокуляція – це механізм, який дозволяє накопичуватися мікрофлокулам або макрофлокулам з низькою щільністю у флокули, які осаджуються значно швидше, що призводить до поліпшення якості води, що очищається.

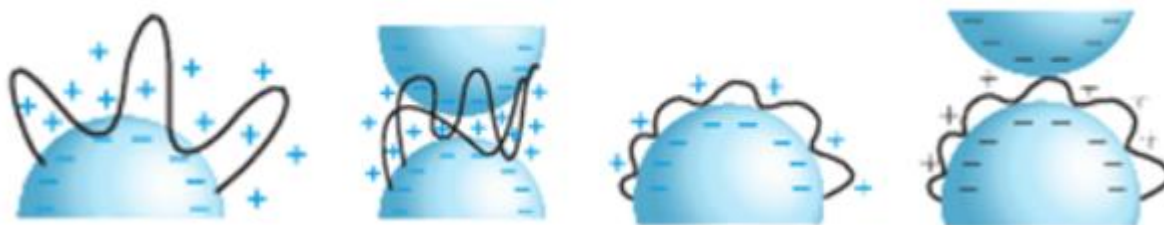


Рисунок 1.4 - Етапи флокуляції

Синтетичні органічні флокулянти мають позитивно заряджені молекули, які є довгими ланцюжками. Використання таких органічних полімерів для процесу коагуляції дозволяє проводити процеси водопідготовки з найбільшою ефективністю. Ці продукти сприяють коагуляції, створюючи більш важкі пластівці і змушуючи їх облягати швидше. Флокуляція є процесом зв'язування коагульованих частинок один з одним.

Для процесу освітлення-видалення суспендованих твердих речовин повинні бути дотримані дві вимоги:

- Поверхня заряду частинок має бути нейтралізована для того, щоб переkritи сили відштовхування між частинками (коагуляція).

- Поверхня заряду частинок має бути нейтралізована для того, щоб перекрити сили відштовхування між частинками (коагуляція). Флокули повинні мати додаткову характеристику пористості, щоб захоплена вода могла проходити через них і не вносити свій внесок в об'єм осаду.

Так як суспендовані частинки майже завжди несуть результуючий негативний заряд, то вони мають тенденцію до відштовхування один від одного і залишаються в суспензії. Катіонні (позитивно заряджені) коагулянти (флокулянти з низькою та середньою молекулярною вагою) додають для притягування суспендованих твердих речовин та нейтралізації їх поверхневого заряду. І вже після утворення зародків флокул невеликого розміру дуже часто для їх агломерації додають високомолекулярний флокулянт, який призводить до утворення флокул, що легко видаляються, великого розміру[29].

Органічні полімерні флокулянти працюють у значно ширшому інтервалі рН ніж неорганічні коагулянти, такі як солі заліза та алюмінію – активність яких залежить від величини рН. Крім того, доза органічного флокулянту набагато нижча ніж доза неорганічних коагулянтів. Так як при роботі з органічним коагулянтом, відсутні гідроксиди металів (алюмінію або заліза), осад, що генерується, має менший обсяг на одиницю оброблюваної води і легше протікає процес зневоднення.

Ефективне укрупнення частинок, що осаджуються із соку І сатурації, може бути досягнуте також шляхом використання альтернативних флокулянтів, зокрема активної кремнієвої кислоти або гідролізатів відходів сушеного жому. Рецептури приготування зазначених реагентів були розроблені фахівцями МТІПП. У разі застосування активної кремнієвої кислоти флокулюючий ефект зумовлений наявністю полімеризованої форми кремнієвої кислоти, що утворюється в результаті розкладання силікату під дією сульфату алюмінію.

Використання гідролізату відходів сушеного жому сприяє прискоренню процесу відстоювання соку І сатурації у 2,0–2,5 рази, що пояснюється дією полігалактуронової кислоти, яка утворюється внаслідок кислотного гідролізу пектинових речовин жому. Для отримання такого флокулянта жомовий пил замочують у гарячій воді та піддають гідролізу соляною або сірчаною кислотою при значенні рН близько 1,3 і температурі кипіння протягом 60 хв. Отриманий гідролізат нейтралізують кальцинованою содою до рН 6–7 та розбавляють до концентрації, за якої вміст продуктів гідролізу пектинових речовин становить приблизно 3 %. Флокулянт вводять у сік І сатурації безперервно перед відстійниками в кількості 0,003–0,05 % від маси соку [30].

Фільтрування соку та сиропу

Фільтрування належить до базових технологічних процесів у виробництві цукру і відіграє визначальну роль у формуванні якісних показників готової продукції. Сутність процесу полягає у поділі нефільтрованого соку на рідку та тверду фази шляхом фільтрування або відстоювання з метою підвищення масової

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

частки твердої фази у згущеній суспензії та досягнення максимально можливого ступеня її обезцукрення. В умовах експлуатації фізично й морально зношеного фільтрувального обладнання, яке характерне для більшості цукрових заводів, проблема ефективного фільтрування соків упродовж останніх років набула особливої актуальності [31].

На переважній більшості цукрових заводів України фільтрування соку I сатурації здійснюється у дві послідовні стадії:

1. Нефільтрований сік у фільтрах-згущувачах типу ФіЛС, МВЖ та аналогічних апаратах розділяється на фільтрований сік у кількості 75-80% та згущену суспензію, що становить 20-25%. Освітлений сік спрямовується на подальше очищення на станцію II сатурації, тоді як згущена суспензія надходить на другу стадію фільтрування – обезцукрування.

2. Зазвичай реалізується з використанням вакуум-фільтрів або фільтр-пресів, забезпечує остаточне відокремлення твердої та рідкої фаз згущеної суспензії. Отриманий осад на цій стадії піддають промиванню водою з подальшим продуванням повітрям для максимально можливого вилучення розчиненої цукрози, після чого його виводять з технологічного процесу. Фільтрат, а також частину промивної води, повертають до збірника не фільтрованого соку I сатурації перед фільтрами-згущувачами, що сприяє зменшенню втрат цукру.

Фільтрування у фільтрах згущувачах типу ФіЛС здійснюється під тиском близько 0,07 МПа, при цьому швидкість фільтрування становить $8,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв.})$. На виході з фільтра підтримується задана густина згущеної суспензії, що створює сприятливі умови для стабільної роботи вакуум-фільтрів. Тривалість процесу фільтрування становить 10-12 хвилин, у результаті чого отримують сік з пониженою забарвленістю та зменшеним вмістом Ca^{2+} .

Під час фільтрування соку на листових фільтрах типу МВЖ швидкість фільтрування зростає $12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв.})$, а вміст твердої фази у фільтраті є нижчим, ніж при використанні фільтрів типу ФіЛС. Так, при фільтруванні на фільтрах МВЖ концентрація твердої фази у фільтраті становить близько $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$, а при фільтруванні соку II сатурації зменшується до $1 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$.

Слід зазначити, що фільтри типу ФіЛС і МВЖ також використовують для фільтрування соку II сатурації. Відмінність полягає у тому, що при застосуванні фільтрів ФіЛС сік II сатурації перед фільтруванням не підігрівають, а фільтраційний осад без промивання направляють у напірний збірник перед фільтрами-згущувачами соку I сатурації. При використанні фільтрів МВЖ, аналогічно, передбачене повернення перших мутних порцій фільтрату.

На окремих цукрових заводах з невеликою виробничою потужністю для фільтрування соків I та II сатурації досі застосовують дискові фільтри. Проте їх експлуатація є малоефективною, оскільки швидкість фільтрування не перевищує $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв.})$, а тривалість допоміжних операцій сягає 30 хв. Крім того, такі

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

фільтри характеризуються значними витратами ручної праці, що зумовлює доцільність їх заміни сучаснішими апаратами.

Для фільтрування згущеної суспензії широко використовують фільтр-преси типу РКО-25, ФКС-50 та ФКМ-100. Зазначене обладнання поєднує виконання кількох технологічних операцій та забезпечує отримання осаду з вмістом сухих речовин 65-70%, що полегшує його транспортування. Отриманий осад може бути використаний як меліорант для розкислення ґрунтів.

Застосування фільтр-пресів для фільтрування соків I та II сатурації забезпечує мінімальні втрати цукру з осадом, які становлять близько 0,02% до маси буряків, сприяє покращенню якості фільтрату та дозволяє безпосередньо отримувати зневоднений осад. Робота фільтр-пресів здійснюється в автоматичному режимі без постійного втручання обслуговуючого персоналу.

Фахівцями УкрНДІЩП спільно з працівниками ВО «Прогрес» було розроблено автоматичний фільтр-згущувач МВЖ-60, призначений для фільтрування соків I та II сатурації. У поєднанні з фільтр-пресами типу РКО-25 ці апарати формують комплексну установку Ш1-ПКУ, яка може експлуатуватися як у складі єдиної лінії, так і окремо. Використання фільтрів МВЖ дозволяє відмовитися від контрольного фільтрування та забезпечує високі показники обезцукрювання осадів: вміст цукрози в осаді в середньому становить 0,2-0,4 %, а втрати води на його промивання не перевищують 100% до маси осаду. Це дає змогу зменшити різницю між вмістом сухих речовин дифузійного соку та соку перед випарною установкою до 1%.

До імпортного обладнання, що експлуатується на цукрових заводах України, належать мембранно-камерні фільтр-преси КФ-1000 та КФ-1200, призначені для фільтрування соку I сатурації без попереднього згущення [20]

Патронні та дискові фільтри. Фільтрування сиропу

Фільтрування сиропу або його суміші з клеровкою у цукровому виробництві здійснюється з використанням патронних або дискових фільтрів. Упродовж останніх років для цієї мети дедалі ширше застосовують листові фільтри типу МВЖ-60 з намівом допоміжного фільтрувального матеріалу, що дозволяє підвищити ефективність очищення сиропу та стабілізувати показники його якості.

Фільтри марки Ш1-ПФФ призначені для фільтрування сиропів і клеровки цукрового виробництва під надлишковим тиском 0,4 МПа. Фільтрувальна установка цього типу є комплексною та включає патронні фільтри, мішалки для приготування наміву і системи безперервного дозування допоміжного фільтрувального матеріалу, збірники нефільтрованого і фільтрованого сиропів, а також ємності для збору фільтраційного осаду. Крім того, до складу установки входять системи пульсації з ресивером в повітрязбірником, а також автоматизованої системи регулювання параметрів процесу.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Тривалість одного циклу фільтрування на фільтрах Ш1-ПФФ, залежно від умов експлуатації та якості сиропу, становить у середньому 16-24 години. Після завершення циклу проводиться повна регенерація фільтра, яка забезпечує відновлення його фільтрування повторюється в аналогічному режимі.

Оцінювання ефективності роботи фільтрів за умов фільтрування згущеної суспензії або соку після I карбонізації здійснюється за сукупністю технологічних та експлуатаційних показників. До основних із них належать:

- швидкість фільтрування соку;
- вміст твердої фази у фільтрованому соку;
- втрати сахарози у фільтраційному осаді;
- втрати води, необхідної для вилучення сахарози з фільтраційного осаду;
- втрати фільтрувальної тканини;
- втрати електроенергії;
- зручність та безпека обслуговування фільтрувального обладнання [20,31]

Барабанні вакуум-фільтри

У цукровій промисловості для розділення згущених суспензій широко використовуються камерні вакуум-фільтри. Схема камерного вакуум-фільтра БШУ-40-3-10 з площею поверхні фільтрування 40 м² наведена на рис. 1.5. Вакуум-фільтр складається зі наступних вузлів: барабана, корита, приводу барабана, нерухомих розподільчих головок, пристрою для промивання осаду, мішалки для запобігання осадженню твердої фази суспензії в кориті, привода мішалки та пристрою для знімання осаду з поверхні фільтрувальної тканини.

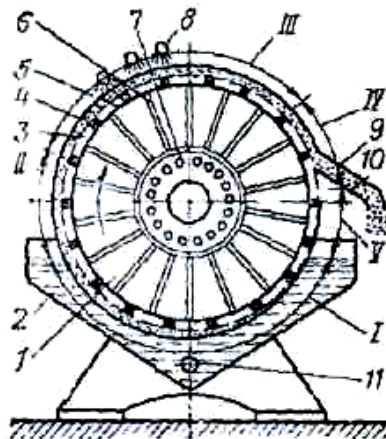


Рисунок 1.5 -Схема камерного вакуум-фільтра

Барабан 1 – горизонтальний зварений циліндр з плоскими торцевими стінками. У центрі кожної торцевої стінки закріплена цапфа – рухома головка 7. Цапфи барабана встановлені в підшипники, що знаходяться в корпусах закріплених на бокових стінках корита 2. Барабан обертається зі швидкістю 0,0025–0,025 об/с (0,15–1,5 об/хв). Привід барабана складається з електродвигуна постійного струму, що забезпечує регулювання швидкості обертання барабана та редуктора.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Вздовж поверхні барабана 5 приварені двадцять чотири ребра 4, що розділяють поверхню барабана на двадцять чотири камери. Кожна камера розділена на дві. Це пов'язано з тим, що барабан складається зі двох з'єднаних фланцями половин. Камери, що утворилися на зовнішній поверхні барабана, закриті ситами 3, що закріплені гвинтами. Вони разом складають поверхню фільтрування. Поверх сит укладається фільтрувальна тканина. Потім поверх тканини намотується дріт діаметром 2,5 мм.

У кожній камері в суцільній стінці барабана є два ряди отворів. З внутрішнього боку до них приварені патрубки 6 через них в камерах створюється вакуум, відводиться фільтрат та здійснюється віддування осаду з поверхні фільтрувальної тканини.

Патрубки колекторними трубками з'єднані з отворами в рухомій головці. Розподільчі нерухомі головки, мають щільно прикріплені шайби рис.1.6, що притерті та щільно притиснені до торцевих поверхонь рухомих головок. У нерухомих головках та шайбах проти отворів у рухомій головці є дугові вирізи. Ці вирізи в дугових градусах відповідають певним зонам на поверхні барабана.

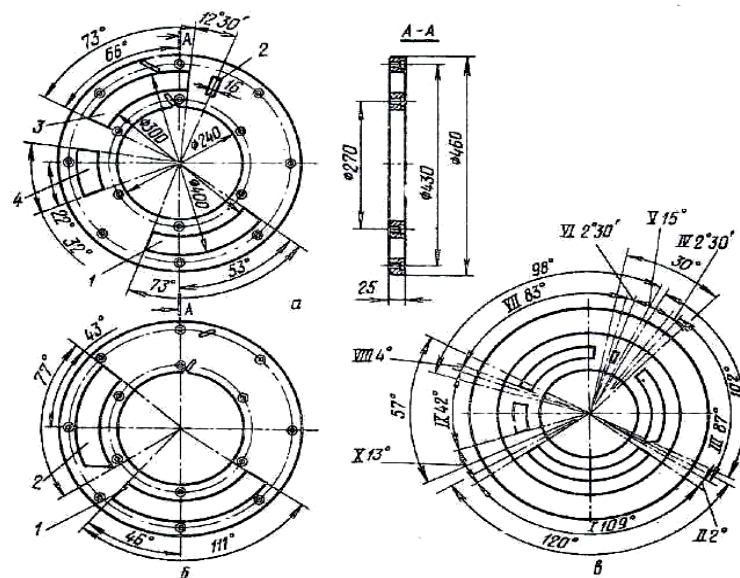


Рисунок 1.6 - Шайби нерухомих головок вакуум-фільтра БШУ-4-3-10

а – лівої головки: 1 – виріз для відділення фільтрату; 2 – виріз для фільтрату, що залишається в колекторних трубках; 3 – виріз для відведення слабоконцентрований промивний фільтрат; 4 – виріз для підведення стисненого повітря; *б* – правої головки: 1 – виріз для відведення фільтрату; 2 – виріз для відведення висококонцентрований промивний фільтрат; *в* – схема зон за умов суміщення шайб.

Пристрій для промивання шару фільтраційного осаду на поверхні тканини з метою вилучення з нього сахарози повинен забезпечувати підведення необхідної кількості води та рівномірний розподіл її на поверхні осаду. Використовується аміачна вода – конденсат пари зі другого та наступних

Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	30

корпусів випарної установки. Для рівномірного розподілу води на поверхні осаду використовують різного типу форсунки. Витрати води на вилучення сахарози з фільтраційного осаду 150–200 % від маси осаду.

Для знімання осаду з поверхні барабана вакуум-фільтра використовують два способи. Перший здійснюється з використанням віддувши осаду повітрям та ножа. Другий забезпечується тимчасовим сходженням фільтрувальної тканини з поверхні барабана.

Ніж для знімання осаду з поверхні барабана встановлюється вздовж барабана після зони віддувши. Відстань від поверхні тканини до ножа повинна бути якомога меншою, щоб на поверхні фільтрувальної тканини не залишався осад, але вона повинна забезпечувати не пошкодження фільтрувальної тканини. Нахил встановлення ножа забезпечує зсування осаду по ньому в бункер. З нього осад шнеком направляється в мішалку, розбавляється водою і насосом викачується на поля фільтрації. Даний спосіб зняття осаду з поверхні барабана вакуум-фільтра має ряд недоліків. Віддувка осаду повітрям здійснюється в протилежному напрямку фільтруванню. Промивна вода з певним вмістом сахарози витісняється повітрям з камер у фільтраційний осад. При цьому підвищуються втрати сахарози у фільтраційному осаді. На поверхні фільтрувальної тканини після зняття осаду може залишатися його шар, що дорівнює відстані від ножа до поверхні тканини. Це приводить до багаторазового повернення частини осаду в корито вакуум-фільтрата та до зниження його виробничої потужності.

Повітря навіть за старанного притирання площин дотику головок зі зони високого тиску (віддувка) може попадати в зону вакууму, наслідком чого буде зменшення величини рушійної сили та швидкості фільтрування соку.

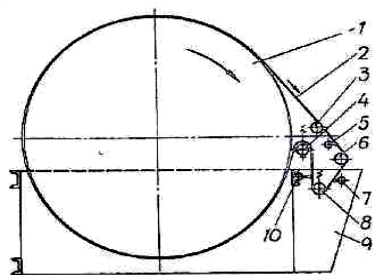


Рисунок 1.7 - Схема вакуум-фільтра з полотном, що тимчасово сходить з барабана

На барабан 1 вакуум-фільтра і на вали 3, 6, 8 та 4 одягається фільтрувальна тканина 2. Після зшивання її кінців вона працює як безкінечна стрічка. Вал 3 підтримує тканину та надломлює шар осаду. На валу 6 осад відокремлюється від тканини і падає в бункер 9. Вал 8 своєю масою натягує, а вал 4 розправляє фільтрувальну тканину. Через труби з поздовжніми прорізами 5, 7 та 10 подається вода для промивання і в разі необхідності 3–5 % розчин соляної кислоти для регенерації фільтрувальної тканини.

Застосування вакуум-фільтрів із рухомих полотном дозволяє усунути зазначені вище недоліки. У цьому випадку фільтрувальна тканина працює як безкінечна стрічка, огинаючи систему валів, на одному з яких осад відокремлюється та падає в приймальний бункер. Така конструкція забезпечує зменшення втрат сахарози у фільтраційному осаді, підвищення продуктивності обладнання на 40-60% зниження енерговитрат і збільшення строку служби фільтрувальної тканини.

Перед початком роботи корито вакуум-фільтра заповнюється згущеною суспензією. Переливання суспензії через край корита запобігається встановленням на певній відстані від краю корита переливної коробки.

З метою запобігання седиментації твердої фази суспензії в кориті вакуум-фільтра встановлена з окремим приводом коливальна мішалка.

Під час роботи вакуум-фільтра після зняття з поверхні фільтрувальної тканини осаду камери занурюються в суспензію. У цих камерах вакуум створюється лише внаслідок з'єднання їх з правою нерухою головкою. Починається фільтрування соку. На поверхні фільтрувальної тканини утворюється шар осаду. Зі збільшенням його товщини зростає опір фільтруванню та знижується швидкість фільтрування соку. Для збереження швидкості фільтрування соку після того як барабан повернеться на 36° камери з'єднуються з вакуум-збірником і через ліву нерухою головку. Величина вакууму в камерах зростає та підвищується швидкість фільтрування соку. Початок фільтрування соку за меншої рушійної сили до створення необхідної товщини шару осаду забезпечує підвищення якості фільтрованого соку – зменшення вмісту твердої фази в ньому. Фільтрування соку у кожній камері продовжується до тих пір доки вона знаходиться в зоні фільтрування.

Після виходу камери з зони фільтрування вона проходить через зону першого просушування і промивання осаду за умов пониженого вакууму. При цьому відводиться висококонцентрований промивний фільтрат. У наступній зоні здійснюється промивання (вихолодження) шару осаду за умов підвищеного вакууму внаслідок з'єднання камер з лівою нерухою головкою. Відводиться концентрований промивний фільтрат.

Завершується вихолодження шару осаду і його підсушування в зоні перед зоною віддування, що має бути у разі знімання шару осаду з поверхні фільтрувальної тканини ножом. У разі використання вакуум-фільтрів з полотном, що тимчасово сходить з барабана для звільнення від шару осаду віддування непотрібна.

Камерні вакуум-фільтри тривалий час використовуються для фільтрування згущеної суспензії соку після I карбонізації. Це свідчить про їх високу ефективність. Вакуум-фільтри мають значні переваги порівняно з дисковими фільтрами:

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

– вакуум-фільтри – обладнання безперервної дії, а дискові фільтри – періодичної, що значно спрощує їх обслуговування;

– у камерних вакуум-фільтрах після виходу камер зі зони фільтрування осад знаходиться над фільтрувальною тканиною і за такого стану осад не сповзає з фільтрувальною тканини;

– у дискових фільтрах поверхні фільтрування розміщена у вертикальному положенні і за падіння тиску в ньому можливе сповзання частини шару осаду, що приведе до нерівномірного розподілу води по поверхні фільтрування, більше води буде проходити через місця де відсутній шар осаду та зросте величина втрат сахарози у фільтраційному осаді;

– за умов використання вакуум-фільтрів менші витрати промивної води порівняно з дисковими фільтрами наслідком чого є зменшення кількості випаровуваної води та витрат палива.

Маючи значні переваги вакуум-фільтрів над дисковими фільтрами вони мають і ряд недоліків:

– обмежена температурою соку величина рушійної сили фільтрування;
– значні витрати електроенергії на дотримання заданої величини вакууму;
– значні витрати води на конденсаційну установку;
– не досягається надійний поділ промивного фільтрату на основний і той, що має вміст сухих речовин менше 4,0 % і використовується для загашення вапна;

– нормативна величина втрат сахарози у фільтраційному осаді 0,1 % від маси буряків є досить високою, зменшення втрат сахарози у фільтраційному осаді вдвічі для заводу виробничою потужністю 6000 т перероблення буряків за добу забезпечує одержання додатково 3 т цукру за добу.

Значна частина зазначених недоліків, що мають місце за умов використання вакуум-фільтрів, усувається з впровадженням фільтрпресів [31,32].

Безкамерний вакуум-фільтр

Безкамерні вакуум-фільтри застосовують для фільтрування соків у згущених суспензій цукровому виробництві та відрізняються спрощеною конструкцією порівняно з камерними вакуум-фільтрами. Основною конструктивною особливістю є відсутність поділу барабана на окремі камери та розподільчих головок, що зменшує кількість вузлів і полегшує експлуатацію обладнання.

Схема безкамерного вакуум-фільтра наведена на рис. Конструкція такого вакуум-фільтра простіша за конструкцію камерного фільтра. Його барабан не розділений на окремі камери і відсутні розподільчі головки. Барабан 3 є перфорованим. На його поверхню накладається фільтрувальна тканина 22. З боків барабан закритий торцевими стінками. Барабан обертається на порожнистому нерухомому валу 14 від приводу через шестерню, закріплену на торцевій стінці барабана.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

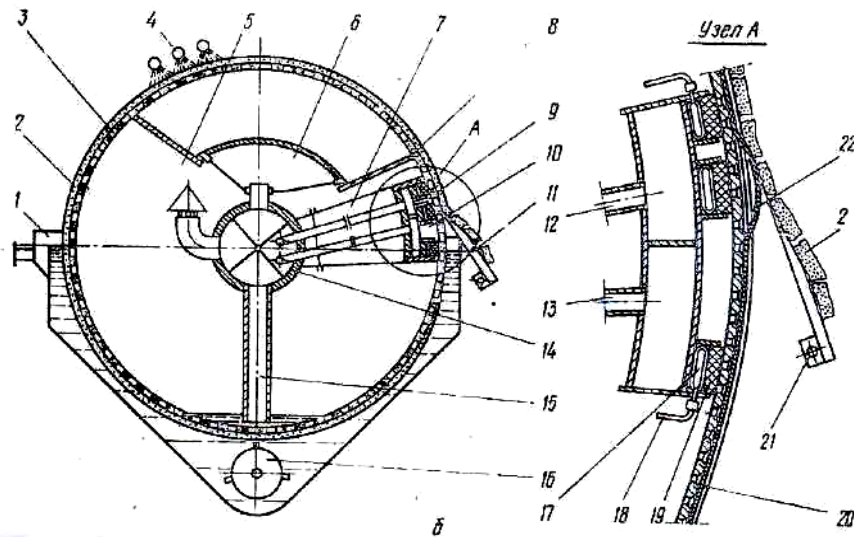


Рисунок 1.8 - Схема безкамерного вакуум-фільтра

За допомогою гумових ущільнювачів поверхня барабана розділена на дві зони: зона 5 знаходиться під вакуумом і зона 7 – під надлишковим тиском. У зоні вакууму здійснюється фільтрування соку, вилучення сахарози з осаду шляхом його промивання та підсушування осаду. Фільтраційний сік стікає в нижню на цей момент частину барабана, а промивний фільтрат по стінкам 8 стікає в збірник 6. відведення з барабана фільтрованого соку, промивного фільтрату та підведення стисненого повітря для віддувки шару осаду з поверхні фільтрувальної тканини і реагентів для її регенерації здійснюється через порожнистий вал, що поділяється на 4 секції. Через верхню відводиться промивний фільтрат, через нижню – фільтрований сік, через праву підводяться стиснене повітря (патрубок 12) та засоби регенерації тканини (патрубок 13). Ліва секція з'єднана з вакуум-збірником.

Під час роботи вакуум-фільтра з барабана через патрубок 15 постійно відводиться фільтрований сік, а зі збірника 6 промивний фільтрат. Вода для вилучення сахарози з шару осаду за допомогою форсунок 4 рівномірно розподіляється по поверхні осаду. Після підсушування осад за умов обертання барабана входить в зону віддувки і знімається ножом 11.

Гумові ущільнювачі 19, що обмежують зони віддувки та регенерації, від зони вакууму постійно притиснуті до внутрішньої поверхні барабана. Ущільнювачі до поверхні барабана притискаються за допомогою порожнистих гумових подушок 17. З метою підвищення ефективності притискання ущільнювачів у подушки через гнучкі шланги 18 під тиском підведена вода.

Одним з недоліків безкамерного вакуум-фільтра є стирання ущільнювачів. Гладка поверхня в середині барабана збільшує тривалість роботи ущільнювачів без заміни [31,32].

Фільтрпреси

Фільтрпреси протягом майже ста років застосовувалися і цукровій промисловості для очищення соків після I та II карбонізацій. З часом вони поступилися місцем дисковим і вакуум-фільтрам, які вважалися зручнішими в експлуатації. Проте ще до повного витіснення традиційних фільтрпресів у виробництво були впроваджені фільтрпреси нового покоління, що істотно перевершують як застарілі фільтрпреси, так і вакуумні та дискові фільтри за низкою техніко-економічних показників.

Сучасні фільтрпреси характеризуються повною автоматизацією робочого циклу, що зводить функції обслуговуючого персоналу до контролю параметрів процесу. Використання полімерних матеріалів для виготовлення плит і рам дозволило значно зменшити масу обладнання та підвищити його корозійну стійкість.

Порівняно з вакуум-фільтрами, фільтрпреси забезпечують нижчі витрати води на вилучення сахарози з фільтраційного осаду. Унаслідок цього різниця між масовою часткою сухих речовин дифузійного соку та соку перед випарною установкою зменшується до 1,0%, тоді як при застосуванні вакуумних і дискових фільтрів вона становить 1,5-2,5%. Це сприяє зниженню витрат пари на випаровування.

Застосування фільтрпресів дозволяє суттєво зменшити втрати сахарози з фільтраційним осадом – до 0,02-0,04% від маси перероблюваних буряків, у той час як при використанні вакуумних і дискових фільтрах ці витрати сягають 0,1-0,2%. Для підприємств середньої та великої потужності це означає додаткове одержання кількох тонн цукру на добу.

Додатковими перевагами фільтрпресів є зниження витрат фільтрувальної тканини та електроенергії, а також отримання осаду з масовою часткою сухих речовин 65-70%. Для порівняння при роботі вакуум-фільтрів вміст сухих речовин в осаді зазвичай не перевищує 50%. Такий ущільнений осад легко транспортується стрічковими транспортерами, що дає змогу зменшити площі полів фільтрації.

Існуючі конструкції фільтрпресів відрізняються за рядом ознак: плито-рамні та камерні, з вертикальним або горизонтальним розташуванням плит, з відкритою чи закритою системою відведення фільтрату, з центральним, верхнім або нижнім введенням суспензії, з мембранним віджиманням осаду або без нього, а також з можливістю регенерації фільтрувальної тканини чи без неї.

Незважаючи на конструктивні відмінності, усі типи фільтрпресів мають спільний принцип будови: на дренажну поверхню плити (з одного або двох боків) укладається фільтрувальна тканина, а простір для введення суспензії утворюється або рамами, або заглибленням в самих плитах, як камерних і мембранних фільтрпресах.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		35

За конструкцією плит фільтрпреси поділяються на плитно-рамні, камерні та мембранні. У плитно-рамних фільтрпресах фільтраційний простір формується порожнистою рамою, розміщеною між двома плитами. Плити та рами встановлюються по чергові й спираються бічними виступами на дві паралельні напрямні балки, що забезпечує точність складання фільтрувального пакета та надійність роботи обладнання [26,27].

Сучасні поверхні плит і рам повинні бути рівними без дефектів. Фільтрувальна тканина перекладається через плиту та закриває плиту з обох боків. Фільтрувальна тканина одночасно є фільтрувальною перегородкою та ущільнювачем між стислими поверхнями. Герметизація фільтра досягається шляхом затискання набору плит і рам між опорною і рухомими плитами за допомогою гвинтового чи гідравлічного зажимного пристрою.

Розміщені один проти одного отвори в плитах і рамах утворюють канали. Відповідні отвори з патрубками є в опорній плиті. Суспензія через патрубок вводиться в канал 4 і через отвір у рамі надходить у простір між плитами. Сік проходить через шар осаду, що утворився на поверхні тканини, тканину, дренажну систему плити і через отвори 5 надходить у канал 3 виводиться з фільтра.

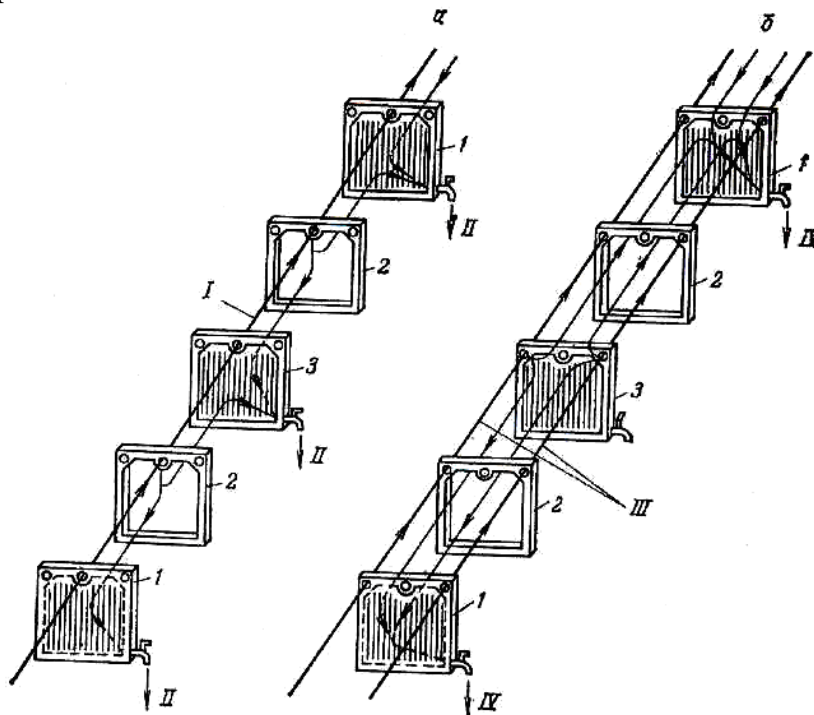


Рисунок 1.9 - Схеми розташування плит у плитно-рамному фільтрпресі та напрямків потоків за умов фільтрування *а* та промивання *б*:
 1 – плити; 2 – рами; 3 – промивна плита I – суспензія, II – фільтрований сік, III – промивна вода, IV – промивний фільтрат

У процесі розділення суспензій у фільтрпресі в камерні фільтра послідовно реалізуються три характерні етапи, що відрізняються умовами формування та ущільнення фільтраційного осаду.

На першому етапі на поверхні фільтрувальної тканини з обох боків камери поступово утворюється шар осаду. Фільтрування на цьому етапі підпорядковується закономірностям процесу з формуванням осадового шару. При цьому вологовміст осаду зростає у напрямку від фільтрувальної перегородки до межі контакту осад-суспензія.

Другий етап настає в момент, коли шари осаду, сформовані на протилежних плитах, змикаються між собою в об'ємі рами фільтрпреса. У цей період площа поверхні поділу між осадом і суспензією, яка дорівнює ефективній площі фільтрування, різко зменшується. Наслідком цього є істотне зниження швидкості фільтрації.

На третьому етапі під дією тиску суспензії, що подається в простір камери, відбувається віджимання та ущільнення осаду. Через значне зменшення фільтрувальної поверхні та підвищення гідравлічного опору ущільненого осаду швидкість фільтрування знижується ще більше. Досягнення рівномірного ущільнення осаду по всьому об'єму камери є важливою умовою підвищення ефективності подальшого знецукрення.

Знецукрення фільтраційного осаду у фільтрпресах може здійснюватися прямотечій ним або протитечій ним способом. За прямотечійного промивання промивна вода подається тим самим каналом, що й суспензія а промивний фільтрат відводиться разом з основним фільтратом. Такий спосіб доцільний у разі неповного заповнення камери осадом, коли між поверхнями осаду зберігається прошарок суспензії, а також за умов високої адгезії осаду до фільтрувальної тканини.

Разом з тим прямотечійне знецукрення має суттєві недоліки. Можливе сповзання осаду з поверхні тканини погіршує умови його промивання, а за повного заповнення камери частина осаду, віддалена від каналу подачі промивної води, залишається недостатньо знецукреною.

Найвищу ефективність вилучення сахарози забезпечує протитечій не промивання фільтраційного осаду. У цьому випадку промивна вода подається в дренажні системи плит з обох боків фільтрувальної камери між тканиною та плитою. Відвідні канали фільтрованого соку в плиті, через яку здійснюється промивання, при цьому перекриваються. Вода заповнює дренажну систему плити, проходить через фільтрувальну тканину, шар осаду, тканину суміжної плити та відводиться через її дренажні канали.

Перевагою протитечійного способу є рівномірний розподіл промивної води по всій поверхні осаду в камері, що забезпечує інтенсивне та однакове знецукрення по всьому об'єму фільтраційного шару і значне зниження втрат сахарози з осадом.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Камерні фільтр-преси принципово відрізняються від плитно-рамних конструкцією фільтрувальних камер та відсутністю окремої зовнішньої рами для кожної робочої секції. У таких апаратах камерна плита є поєднанням фільтрувальної секції і двох інтегрованих рамових заглиблень, розташованих з обох боків плити. Ці заглиблення виконують функції, що раніше покладалися на окремі рами в плитно-рамних фільтрпресах, і можуть досягти глибини до 50 мм. Внаслідок цього ширина фільтраційної камери між двома сусідніми фільтрувальними плитами приблизно вдвічі перевищує глибину заглиблення на одній плиті.

Хоча основний принцип роботи камерного фільтрпреса аналогічний плитно-рамному – тобто осад фільтрується під тиском утворення осадової маси між фільтрувальними поверхнями – конструктивні відмінності дозволяють більш ефективно проводити просушування осаду під тиском робочої рідини. Це дає змогу отримувати фільтраційний осад із вологістю близько 30-35% від маси осаду, що є важливим показником для подальшої переробки та утилізації, зокрема в харчовій промисловості.

У цукровій промисловості України широко застосовуються камерні фільтрпреси виготовлені українськими й зарубіжними виробниками, серед яких техніка Бердичівського машинобудівного заводу, а також моделі типів ФПАКМ, РКО, ФКС, ФКМС, що адаптовані під локальні умови виробництва та вимоги до якості осадового продукту.

Мембранні фільтрпреси відрізняються від камерних тим, що камерні плити змінюються мембранними, які за конструкцією схожі з камерними, але обладнані гнучкими мембранами на поверхнях фільтрувальних пластин. Плити зазвичай виготовляють із поліпропілену, а мембрани – з полімерних еластичних матеріалів з вбудованою дренажною системою для відведення фільтрату.

Використання мембран ускладнює конструкцію фільтрпреса, але дозволяє не досягати повного заповнення камер осадом перед сушінням, оскільки після початкової фільтрації суспензії подача повітря чи води між плитою й мембраною стискає осад для подальшого видалення вологи. При цьому фільтрат відводиться через фільтрувальну тканину та дренажну систему мембрани.

Повний цикл роботи мембранного фільтрпреса включає такі операції:

- затискання плит
- фільтрування
- стискання мембраною
- промивання осаду
- сушіння осаду
- розтискання та розвантаження.

Мембранні фільтрпреси застосовують там, де важливо отримати осад з низьким вмістом вологи, особливо коли осад є цільовим продуктом технологічного процесу.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

У цукровій промисловості використовуються моделі камерних фільтрпресів з можливістю комплектування мембранними плитами та площею фільтрування від 50 до 200 м². Такі установки можуть мати верхнє підвішування або бокові опори плит із поліпропілену та застосовуватися для одно- або двостадійного фільтрування соку після карбонізації або клеровки.

Фільтрпрес ФКМс (рис. 1.11) складається в залежності від площі поверхні фільтрування (100–500 м²) з 45–57 поліпропіленових фільтрувальних плит 4, підвішених на верхній балці. Вони затискаються між упорною 1 та натискною 7 плитами за допомогою механізму затискування 11. На упорній плиті є патрубки, що з'єднані з каналами у фільтрувальних плитах. По них підводиться не фільтрований сік після I карбонізації чи згущена суспензія, відводиться фільтрований сік, підводиться промивна вода, відводиться промивний фільтрат та підводиться стиснене повітря. Для збору крапель є піддон 13 та корито. Під час вивантаження оса ду дві стулки піддона відкриваються донизу. Вивантаження фільтраційного осаду як і вся робота фільтрпреса автоматизована.

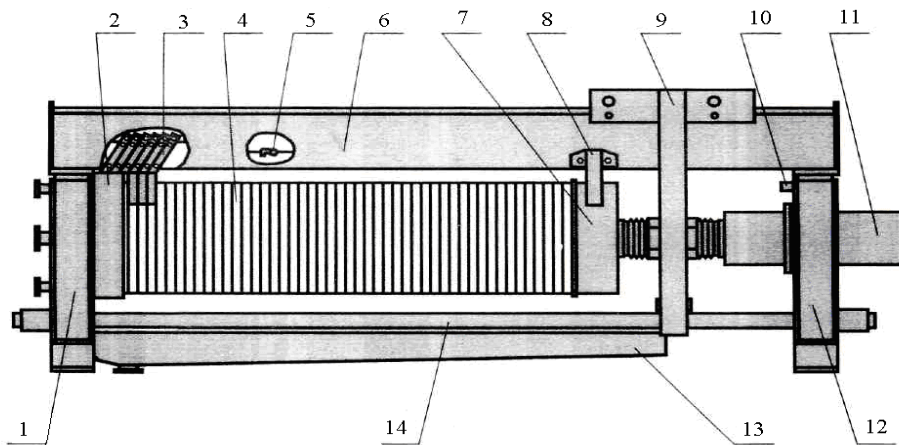


Рисунок 1.10 - Схема камерного фільтрпреса ФКМс

- 1 – плита упорна; 2 – захисні шторки; 3 – підвіска; 4 – плита фільтрувальна; 5 – механізм переміщення плит; 6 – балка верхня; 7 – плита натискна; 8 – кронштейн; 9 – пристрій мийний; 10 – запорна; 11 – механізм затискування; 12 – стійка; 13 – піддон; 14 – стяжка нижня

Фільтрпреси ФКМс можуть застосовуватися як для одно-, так і для двостадійного фільтрування. При одно стадійному способі сік після I або II карбонізації подається безпосередньо на фільтрпреси, причому вміст твердої фази в суспензії становить 4,5-5% від маси соку. Цей метод простіший порівняно з двостадійним, де використовують попереднє згущення суспензії до 20-25% твердої фази.

За умов одностадійного фільтрування необхідно фільтрувати у 4-5 разів більшу кількість соку, що компенсується збільшенням площі фільтрування фільтрпресів через більшу кількість задіяних установок або підвищення

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

потужності кожного фільтрпреса. Виробнича потужність ФКМс при одностадійному фільтруванні майже в чотири рази менша за потужність ФПАКМ-25 та РКО-25 при фільтруванні згущеної суспензії.

Двостадійне фільтрування потребує додаткового обладнання — фільтрів-згущувачів або відстійників, які забезпечують отримання фільтрованого соку в кількості 75–80 % від маси соку після I карбонізації. При використанні вакуум-фільтрів вміст вологи в осаді складає ~50 %, тоді як у фільтр-пресах — 30–35 %, що значно полегшує транспортування та зменшує площу фільтраційних полів.

Знецукрювання осаду здійснюється витисненням соку водою (аміачна вода) та повітрям, що дозволяє зменшити витрати води до 80–90 % від маси осаду. При цьому знижується кількість води, що підлягає випарюванню, а також витрати пари. Втрати сахарози при використанні фільтр-пресів становлять 0,02–0,04 % від маси буряків, тоді як при вакуум-фільтрах — 0,1–0,11 %.

Високий вміст сухих речовин в осаді досягається завдяки стисненню осаду та витисненню промивної води в мембранних фільтр-пресах [35].

1.5. Особливості перероблення цукрових буряків пониженої технологічної якості

Якість цукрових буряків є визначальним фактором ефективності технологічних процесів бурякоцукрового виробництва та показників якості готової продукції. У виробничих умовах часто виникає необхідність перероблення сировини зі зниженими технологічними показниками, що пов'язано з механічними пошкодженнями коренеплодів, тривалим зберіганням або розвитком мікробіологічних процесів. Це призводить до зміни хімічного складу бурякового соку та ускладнення його подальшого очищення [36].

Однією з найбільш поширених причин погіршення технологічної якості буряків є розвиток слизистого бактеріозу, який спричиняється бактеріями роду *Leuconostoc*. У процесі їх життєдіяльності відбувається розкладання сахарози з утворенням високомолекулярного полісахариду — декстрану. Накопичення цієї сполуки у дифузійному соку істотно впливає на перебіг технологічних процесів виробництва цукру [37].

Декстран може перебувати у розчинному або нерозчинному стані залежно від молекулярної маси та структурних особливостей полімерного ланцюга. Його присутність у дифузійному соку супроводжується підвищенням в'язкості середовища, збільшенням вмісту пектинових речовин і високомолекулярних сполук, що негативно впливає на процеси очищення та фільтрації. У результаті знижується ефективність дефекосатурації, погіршуються седиментаційні властивості осаду, зменшується швидкість теплопередачі та випаровування.

Крім технологічних ускладнень, наявність декстрану впливає на точність визначення вмісту сахарози поляриметричним методом. Оскільки ця речовина є

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів, вибір асортименту продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

оптично активною, вона може спричиняти завищення показників масової частки сахарози, що ускладнює технологічний контроль виробництва [38].

Дослідження показують, що зі збільшенням ступеня ураження буряків слизистим бактеріозом у дифузійному соку зростає вміст декстрану, молочної кислоти, нітритів, пектинових і високомолекулярних речовин. Такі зміни складу соку призводять до погіршення його чистоти та зниження ефективності подальших стадій очищення [39].

У зв'язку з цим важливим завданням сучасної технології є підвищення ефективності очищення дифузійного соку, отриманого з буряків пониженої якості. Поряд із традиційною вапно-карбонізаційною схемою очищення досліджуються додаткові фізико-хімічні методи інтенсифікації процесу.

Одним із перспективних напрямів є застосування окислювальних методів, зокрема озонування. Озон, як сильний окисник, здатний руйнувати макромолекули декстрану та інших високомолекулярних сполук. У результаті зменшується їх негативний вплив на технологічні властивості дифузійного соку, покращуються умови осадження нецукрів і підвищується ефективність очищення [40].

Разом із тим значну увагу приділяють сорбційним методам очищення, які базуються на використанні природних адсорбентів. Серед них особливе місце займають цеоліти — мінеральні алюмосилікати з розвиненою пористою структурою та іонообмінними властивостями. Завдяки цьому вони здатні ефективно адсорбувати органічні та неорганічні домішки з водних розчинів.

Дослідження показали, що застосування цеоліту при переробленні буряків пониженої якості сприяє зменшенню вмісту декстрану у дифузійному соку, підвищенню його чистоти та покращенню фільтраційно-седиментаційних властивостей осаду. Використання цеоліту також забезпечує зниження забарвленості очищеного соку та стабілізацію технологічних показників процесу.

Встановлено, що введення цеоліту у невеликих кількостях під час екстрагування сахарози з бурякової стружки зменшує перехід високомолекулярних сполук у дифузійний сік. Це сприяє підвищенню ефективності очищення як на стадії екстрагування, так і під час вапно-карбонізаційної обробки [36].

Особливо помітний ефект спостерігається при переробленні буряків, уражених слизистим бактеріозом, коли використання сорбційних матеріалів дозволяє частково компенсувати негативний вплив мікробіологічного псування сировини на технологічний процес виробництва цукру [39,41].

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічної схеми	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО- ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Сучасні умови функціонування цукрових заводів характеризуються підвищеними вимогами до якості цукрової продукції раціонального використання сировини та енергоресурсів, а також до екологічної безпеки виробництва. У зв'язку з цим актуальним є впровадження заходів, спрямованих на інтенсифікацію процесів очищення дифузійного соку, зменшення втрат сахарози та підвищення ефективності роботи сокоочисного відділення загалом.

2.1 Заходи щодо удосконалення технології та обґрунтування підвищення ефективності за рахунок впровадження кожного із заходів

В проєкті передбачено впровадження комплексу заходів, що включає:

1. Впровадження способу очищення дифузійного соку з використанням коагулянту основного сульфату алюмінію (ОСА) під час попереднього вапнування.

2. Застосування при переробленні буряків погіршеної якості з наявністю коренеплодів, уражених слизистим бактеріозом, коагулянту ОСА та антисептику на основі полігексаметиленгуанідину (ПГМГ) для очищення дифузійного соку.

3. Удосконалення процесу відділення осаду соку I сатурації шляхом застосування флокулянту на основі поліакриламідю «Магнафлок LT27».

4. Застосування фільтрпресів для фільтрування згущеної суспензії;

5. Повернення частини згущеної суспензії 10-20 % до маси соку на стадію попереднього вапнування.

6. Застосування перліту як фільтрувального завантаження для контрольного фільтрування очищеного соку та сиропу у патронних фільтрах.

1. Попереднє вапнування є однією з ключових стадій очищення дифузійного соку, на якій відбувається нейтралізація органічних кислот, коагуляція колоїдних домішок та формування осаду, стійкого до дії високої температури та лужності. Введення коагулянту основного сульфату алюмінію на цій стадії сприяє інтенсифікації процесів осадження нецукрів, а саме:

- ефективну коагуляцію білкових, пектинових і барвних речовин;
- формування більш щільного осаду з високими фільтраційно-седиментаційними властивостями;
- зниження кольоровості очищеного соку на 20-40 %;
- підвищення чистоти очищеного соку на 0,8-1,2 % [25, 26].

1. Спосіб очищення дифузійного соку з використанням коагулянту ОСА під час попереднього вапнування здійснюється відповідно до патенту на корисну модель № 4241 наступним чином: розчин коагулянту ОСА змішується з

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічної схеми	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

10...20 % дифузійного соку та подається у відповідну секцію апарату попереднього вапнування з рН₂₀ соку 9,5...10,5. Раціональні витрати коагулянту ОСА при переробленні кондиційних буряків для очищення дифузійного соку з чистотою 87-90 % становлять 0,02...0,03 %, при зниженні чистоти дифузійного соку менше 86 % витрати ОСА становлять 0,03...0,04 % до маси буряків.

Запропонований спосіб дозволяє підвищити ефект очищення дифузійного соку за рахунок більш повного видалення нецукрів, покращити показники якості очищеного соку та сиропу, що забезпечує покращення якості білого цукру та підвищення його виходу на 0,25-0,35 од. %.

2. У разі перероблення буряків зниженої технологічної якості мікробіологічно уражених слизистим бактеріозом доцільно застосовувати спільне введення коагулянту ОСА та антисептику-флокулянту на основі ПГМГ.

Відповідно до патенту на корисну модель № 68296 [25, 26] спосіб очищення дифузійного соку передбачає комбіноване введення коагулянту ОСА та флокулянту ПГМГХ. Витрати у разі перероблення буряків погіршеної якості становлять для ОСА - 0,02...0,025 %; ПГМГ - 0,002...0,004 %, що забезпечує високу ефективність мікробіологічного знезараження соку, покращення його технологічних показників та седиментаційно-фільтраційних властивостей осаду, що особливо актуально при переробленні некондиційних буряків.

У результаті застосування додаткових хімічних реагентів на стадії попереднього вапнування зменшується навантаження на подальші стадії очищення, зменшуються втрати сахарози та підвищується вихід цукру-піску.

3. Процес сатурації супроводжується утворенням значної кількості дрібнодисперсного осаду, який складається з карбонату кальцію з адсорбованими нецукрами. При традиційному відстоюванні частина дрібних частинок залишається у зваженому стані, що призводить до погіршення прозорості очищеного соку та ускладнює подальше фільтрування.

Застосування флокулянтів на основі поліакриламідів сприяє агрегації дрібнодисперсних частинок осаду у більші флокули, які швидше осідають і формують більш щільний та стабільний осад. Це забезпечить:

- підвищення швидкості та повноти відстоювання;
- зменшення виносу твердої фази з освітленим соком;
- зниження навантаження на фільтраційне обладнання;
- покращення прозорості та чистоту I сатурації.

Використання флокулянту дозволяє стабілізувати роботу відстійників, особливо при переробці пониженої якості, та буде сприяти зменшенню втрат сахарози з осадом.

4. Традиційні вакуум-фільтри, які зараз широко використовуються у цукровому виробництві, мають недоліки, зокрема недостатньо ефективно зневоднюють осад, підвищені втрати сахарози з фільтраційними відходами та значні витрати енергії.

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічної схеми	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Заміна вакуум-фільтрів на фільтрпреси дозволяє суттєво підвищити ефективність фільтрації осаду сатурації. Основними перевагами використання фільтрпресів є:

- отримання осадів з меншим вмістом вологи;
- зменшення втрат сахарози за рахунок більш повного відмивання осаду на 0,05-0,08 од. %;
- підвищення прозорості фільтрату;
- зниження втрат пари та електроенергії;
- покращення санітарного стану виробництва.

Крім того, фільтрпреси забезпечують більш стабільний режим роботи та кращу керованість процесу фільтрації, що є особливо важливим при змінній якості сировини.

5. Повернення частини згущеної суспензії 10-20 % до маси соку на стадію попереднього вапнування сприяє одержанню осаду більш високої щільності та стійкого до дії температури та лужності.

6. Додатковим заходом підвищення ефективності фільтрування є використання перліту як фільтрувальної добавки. Перліт — це пористий мінеральний матеріал вулканічного походження, який після термічного розширення набуває високої проникності та малої густини. Його застосування дозволяє сформувати на поверхні фільтрувальної перегородки пористий фільтрувальний шар, що запобігає закупорюванню фільтрувальної тканини дрібнодисперсними частинками осаду.

Використання перліту сприяє підвищенню швидкості фільтрування, покращенню прозорості фільтрату, зменшенню виносу твердої фази та підвищенню ефективності зневоднення осаду. Особливо ефективним є його застосування у поєднанні з фільтрпресами, що дозволяє стабілізувати процес фільтрації та зменшити втрати сахарози з фільтраційними відходами.

Комплексне впровадження зазначених заходів дозволяє підвищити ефективність очищення дифузійного соку, стабілізувати роботу очисного відділення та покращити якість напівпродуктів. Це, у свою чергу, забезпечить зниження втрат сахарози, зменшення витрат допоміжних матеріалів і енергоресурсів, а також підвищення техніко-економічних показників виробництва цукру-піску.

2.2. Опис удосконаленої технологічної схеми

Після дифузійного відділення сік надходить у збірник (1) Окремо готується розчин ОСА, який дозується у потік дифузійного соку перед апаратом попередньої дефекації (2). Введення ОСА сприяє адсорбційному видаленню частини високомолекулярних нецукрів і покращує ефективність наступних процесів очищення соку.

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічної схеми	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Після цього сік направляєється в апарат попередньої дефекації (3), де відбувається прогресивна протитечійна переддефекація. Далі сік поступає на основну дефекацію — у теплий ступінь дефекації (6), після чого через підігрівник (7) подається у гарячий ступінь основної дефекації (8).

Після основної дефекації сік направляєється в апарати I сатурації (10, 12) через переливний ящик (11). Відсатурований сік із апарата надходить у збірник-мішалку нефільтрованого соку I сатурації (13).

Із збірника нефільтрований сік I сатурації насосом подається у відстійник соку I сатурації (15), перед яким вводиться флокулянт Magnaflok LT-27. При введенні флокулянту формуються агрегати з високомолекулярних речовин і частинок твердої фази з покращеними седиментаційними та фільтраційними властивостями.

Після відстоювання суспензії соку I сатурації направляєється на фільтр-преси (20). Для покращення фільтрації осаду використовується перліт, який застосовується як фільтрувальний допоміжний матеріал і забезпечує формування проникного фільтраційного шару, зменшення гідравлічного опору та підвищення швидкості фільтрування.

Фільтрований сік I сатурації через збірник продукту I дефекосатурації (21) подається на дефекатор перед II сатурацією (23), а далі у збірник-мішалку дефекованого соку перед II сатурацією (24) і апарат II сатурації (25).

Конструкція апарата II сатурації забезпечує інтенсивний контакт соку з газом і підвищення ефекту очищення. Після II сатурації сік надходить у відстійник (28) для зняття пересичення карбонату кальцію, далі — у збірник освітленого соку (29) і на дискові фільтри контрольної фільтрації (31).

Фільтрований сік накопичується у збірнику очищеного соку перед випарною установкою (32) і через підігрівник (33) подається у випарну установку (34), де згущується до сиропу.

Сироп надходить у збірник сиропу після випарної установки (35), після чого подається у сульфитатор (36), де змішується з клеровкою та сульфітується. Далі сироп проходить мішечні фільтри (38) і подається у збірник сиропу перед вакуум-апаратами (39).

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічної схеми	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Ефективність цукрового виробництва залежить від якісних показників цукрових буряків, які є основною сировиною. Вимоги до сировини регламентуються державним стандартом ДСТУ 4327:2013 «Коренеплоди цукрових буряків для промислового перероблення. Технічні умови», та нормативними документами, а також внутрішніми вимогами цукрових заводів. Дотримання цих вимог дозволить знизити витрати на переробку, мінімізувати втрати сахарози та отримати високоякісний кінцевий продукт – цукор-пісок.

Коренеплоди цукрових буряків за показниками якості повинні відповідати вимогам наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Вимоги щодо показників якості коренеплодів цукрових буряків

Назва показників	Гранично допустиме значення, стан
Фізичний стан коренеплодів	Такі, що не втратили тургору
Масова частка коренеплодів цвітушних, %, не більше ніж	1,0
Масова частка коренеплодів підв'ялених, %, не більше ніж	5,0
Масова частка коренеплодів із значними механічними пошкодженнями, %, не більше ніж	12,0
Коренеплоди муміфіковані	Не дозволено
Коренеплоди підморожені зі скловидними почорнілими тканинами, що відшаровуються	Не дозволено
Коренеплоди загнилі	Не дозволено
Масова частка зеленої маси, %, не більше ніж	3,0
Цукристість, %, не менше ніж	13,0

Вапняк

Вапняк є основним джерелом оксиду кальцію, що використовується для очищення дифузійного соку. Ці процеси потрібні для осадження та видалення нецукрів, що містяться в дифузійному соку. Вимоги до якості вапна є суворими. На підприємстві може використовуватися «Вапняк технологічний» ТУ У 08.1-00292623-001:2015. Для цукрового виробництва якісний вапняк повинен характеризуватися наступним складом у відсотках (табл. 3.2)

Таблиця 3.2.

Вимоги до хімічного складу технологічного вапняку

Компонент	Оптимальний вміст (%)	Допустимий вміст (%)	Вплив на процес при перевищенні
Вуглекислий кальцій (CaCO ₃)	Не менше 95,0	-	Зниження ефективності очищення, збільшення витрат
Гіпс (CaSO ₄)	Не більше 0,2	-	Утворення накипу, погіршення якості вапна
Луги (Na ₂ O, K ₂ O)	Не більше 0,2	-	Мелясоутворення, збільшення втрат сахарози
Вуглекислий магній (MgCO ₃)	Не більше 1,5	-	Зниження активності вапна, утворення твердих осадів
Діоксид кремнію (SiO ₂)	Не більше 2,0	-	Утворення шлаків, погіршення властивостей вапна

Густина вапняку коливається від 2,4 до 2,9 г/см³, а об'ємна маса 1 м³ вапняку в кусках складає приблизно 1,5 тонни.

Технічна сірка

Технічна сірка в цукровому виробництві використовується в цукровому виробництві для сульфатації соку, сиропу та утфелів. Технічна сірка повинна відповідати вимогам стандарту ДСТУ 2781-93 «Сірка технічна. Технічні умови»

Таблиця 3.3

Основні фізико-хімічні показники технічної сірки

Показник	Показник
Масова частка сірки, %, не менше	99,98
Масова частка золи, %, не більше	0,003
Масова частка кислот у перерахунку на H ₂ SO ₄ , %, не більше	0,001
Масова частка органічних речовин, %, не більше	0,01
Масова частка води, %, не більше	0,05

Основний сульфат алюмінію

Для ефективного очищення дифузійного соку та підвищення якості цукру використовують основний сульфат алюмінію, основні вимоги викладені в таблиці [59,60].

Таблиця 3.4.

Основні вимоги до основного сульфату алюмінію

Параметр	Вимога	Примітка
Хімічна чистота	Мінімум 15-18% Al ₂ O ₃	Висока чистота для ефективної коагуляції
Вологість	<1-2%	Для порошкової форми
Форма	Порошок або гранули	Добре розчинний у воді
Домішки	Мінімальні: залізо, хлориди, важкі метали	Не повинні погіршувати колір соку та якість цукру
Раціональні витрати	Кондиційні буряки 0,01-0,02% до маси соку Буряки погіршеної якості 0,02-0,025% до маси соку	Визначено експериментально
Умови введення	Частково підлужений сік при рН 9,5-10,5, температура 55-60°C	Забезпечує максимальний ефект очищення
Реакційні властивості	Швидка коагуляція нецукрів, утворення стійкого осаду	Не змінює лужність і кислотність соку надмірно

Дезінфектант ХСГ дез 2

Дезінфекційний засіб «ХСГ дез 2» являє собою прозору рідину безбарвного кольору або з легкою опалесценцією. Діючою речовиною препарату є полігексаметиленбігуанідингідрохлорид у кількості не менше 15 %. Засіб «ХСГ дез 2» відповідає вимогам технічних умов ТУ У 20.2-38596065-011:2017 і призначений для проведення дезінфекції обладнання, виробничих поверхонь та інвентарю на підприємствах харчової промисловості.

Таблиця 3.5

Органолептичні та фізико-хімічні показники засобу «ХСГ дез 2»

Найменування показника	Норма	Метод випробування
Зовнішній вигляд за температури 20 °С	Прозора рідина безбарвна чи з легкою опалесценцією	7.1 ТУ
Густина за температури 20 °С, г/см ³ , у межах	1,0-1,15	7.3 ТУ
Водневий показник, од рН	2,0-8,0	7.2 ТУ
Масова частка полігексаметиленбігуанідингідрохлориду, %, не менше	15,0	10.4 інструкції

					Розділ 3. Характеристика сировини, основних і допоміжних матеріалів, готової продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Флокулянту «Магнафлок LT27»

Флокулянт Magnafloc LT27 являє собою полімерний реагент у вигляді гранульованого порошку білого кольору, який добре розчиняється у воді з утворенням робочого розчину. Діючою речовиною є аніонний поліакриламід з дуже високою молекулярною масою.

Флокулянт використовується для інтенсифікації процесів флокуляції, відстоювання та фільтрування під час очищення дифузійного соку, зокрема на стадії відділення осаду I сатурації.

Основні показники флокулянту наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Технічна характеристика флокулянту Magnafloc LT27

Назва реагенту	Magnafloc LT27
Тип реагенту	Флокулянт
Хімічна природа	Аніонний поліакриламід
Фізичний стан	Гранульований порошок білого кольору
Молекулярна маса	Дуже висока
Розчинність	Добре розчиняється у воді
pH 1% розчину	Близько 7
Рекомендована концентрація робочого розчину	0,25–0,5 %
Основне призначення	Інтенсифікація процесів флокуляції, відстоювання та фільтрування
Технологічна функція у виробництві цукру	Укрупнення частинок осаду I сатурації, покращення седиментації та зменшення виносу твердої фази

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

В розрахунках прийняті наступні скорочення:

Дг — дигестія, вміст цукрози в буряку

СР — сухі речовини продукту

Цк — вміст цукру в продукті

Нц - вміст нецукрів в продукті

Ч — чистота продукту

Ск - соковий коефіцієнт продукту

Чут - чистота утфелю

Чвідт - чистота відтоку

СРцк - % сухих речовин в жовтому цукрі

Чцк - чистота неафінованого жовтого цукру

К - коефіцієнт розбавлення

Кп - коефіцієнт пересичення

Пк - мелясотворний коефіцієнт

Взаг - загальні втрати цукру (до меляси)

Кн. - коефіцієнт насичення

Ао - розчинність цукрози.

Для здійснення розрахунку задамося середніми величинами взятими за останні роки на заводі

Назва величини	% до м.б.
1. Дигестія	17,5
2. Склад клітинного соку:	
2.1. Сухі речовини	21,6
2.2 Цукристість	18,7
2.3. Нецукри	2,9

Соковий коефіцієнт:

$(1,07 \times 100) / 17,8 = 92,6\%$ до м.б.

4.2 Продуктові розрахунки

Попередня дефекація.

На попередню дефекацію до дифузійного соку додано 60% неф. соку I сатурації + вапно 0,25% СаО% до м. б. + 10% суспензії соку II сатурації. Вапно додають у вигляді вапняного молока густиною 1,19 т/м³. В 1 л вапняного молока міститься 0,260 кг СаО.

Отже кількість доданого вапняного молока:

$(0,25 \times 1,19) / 0,260 = 1,14\%$

					Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Кількість соку після попередньої дефекації складе :

$$110 + 60 + 10 + 1,14 = 181,14\% \text{ до м. б}$$

Основна дефекація.

Прийемо витрату вапна 1,76 % CaO до м.б.

Отже буде додаватися вапняне молоко:

$$(1,76 * 1,19) / 0,260 = 7,78\% \text{ до м. б.}$$

Кількість дефекованого соку складе

$$181,14 + 7,78 = 188,92\% \text{ до м. б.}$$

I сатурація.

В сатураторі сік відгазовується до лужності 0,10 % до м. б.

Залишається вапно:

$$(0,03 * 110) / 100 + (188,92 * 0,10) / 100 = 0,2\%$$

0,03 - кислотність дифузійного соку.

У від газованому соці, який після фільтрації необхідно на II сатурацію залишилось вапно

$$0,2 - (60 * 0,10) / 100 = 0,14$$

Отже, із всієї кількості вапна введеного раніше при сатурації перейде в осад CaCO₃ :

$$0,25 + 1,76 - 0,14 = 1,81\% \text{ CaO}$$

Для осадження вапна потрібно CO₂ :

$$(1,81 * 44) / 56 = 1,42\% \text{ до м. б.}$$

Витрати сатураційного газу при ваговому вмісті в ньому 40 % CO₂ (30 % по об'єму) і коефіцієнт використання CO₂ на сатурації 0,75, складе:

$$(1,42 / 40) * (100 / 0,75) = 5,3\%$$

Невикористані гази в кількості 5,3 - 1,42 = 3,88 % видаляються з сатуратора при температурі 80° С в стані повного насичення водяними парами.

На 1 кг газу при цих умовах приходиться 0,69 кг водяних парів.

Отже, невикористані гази виносять з собою водяних парів

$$3,88 * 0,69 = 2,68\%$$

Кількість соку I сатурації, який надходить на фільтрацію складає:

$$188,92 + 1,42 - 2,68 - 60 = 127,66\% \text{ до м. б.}$$

Фільтрація соку I сатурації.

Прийемо, що згущений сік після фільтрів ФіЛС містить 20 % осаду до м. соку.

Приймаємо ефект очищення на I дефекосатурації 30% до маси нецукрів нормального соку.

Кількість нецукрів видалених із соку складе:

$$(2,71 * 0,3) / 100 = 0,81\%$$

Кількість карбоната кальцію отриманого на I сатурації:

$$1,88 + 1,42 = 2,62\%$$

Втрати Цк в осаді приймаємо 0,05 %.

					Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Отже СР в осаді міститься:

$$0,81+2,62+0,04=3,47 \%$$

Отже кількість сатураційного осаду, який скидається з фільтрів складе:

$$(3,47*100)/70=4,96 \%$$

Кількість соку, який надходить на фільтпреси:

$$(3,47*100)/20=17,35 \%$$
 до м. б.

Кількість соку, який надходить з відстійників:

$$127,66-17,35 = 110,31 \%$$
 до м. б.

Кількість води, яка випарувалась на вакуум фільтрах за нормами складає 0,5%.

Отже, кількість фільтрату соку I сатурації після вакуум фільтрів складе:

$$17,35 - 3,47 - 0,5 + 2,43 = 16,3 \%$$
 до м. б.

Загальна кількість фільтрату соку I сатурації:

$$110,31+16,3=126,61\%$$

Приймаємо враховані втрати ЦК в осаді I сатурації 0,1 %, а невраховані 0,05% до м.б.

У фільтрований сік переходить:

$$\text{Цк } 17,1-0,04 -0,05 = 17,01\%$$
 до м.б.;

$$\text{Нц } 2,17 - 0,81 - 0,14 = 1,22 \%$$
 до м. б.;

$$\text{СР } 17,01+1,22 = 18,23 \%$$
 до м. б.

Склад фільтрованого соку I сатурації (аналіз):

$$\text{Цк} = (17,01 * 100) / 126,61 = 13,4\%;$$

$$\text{СР} = (18,23 * 100) / 126,61 = 14,4 \%;$$

$$\text{Нц} = 14,4 - 13,4 = 1,1\%;$$

$$\text{Ч} = 13,4 / 14,4 * 100 = 93,1\%$$

II сатурація.

На II дефекосатурацію додаємо вапняне молоко - 0,25 % до м. б. При густині вапняного молока 1,19 т/м³, його кількість для II сатурації складе $(0,25 \times 1,19) / 0,260 = 1,14\%$.

Загальна кількість соку в котлі II сатурації:

$$126,61+1,14= 127,75\%.$$

На II сатурації сік оброблений газом до лужності 0,02 %СаО. У від газованому соку залишилося вапна:

$$(127,75 * 0,02) / 100 = 0,03\%.$$

Кількість вапна, яке осаджується на II сатурації, складає:

$$0,14 - 0,03 + 0,25 = 0,36 \%$$

Для осадження вапна потрібно СО₂:

$$0,36 * 44 / 56 = 0,28\%.$$

Кількість сатураційного газу при коефіцієнті використанні 0,8 складе:

$$(0,28 * 100) / (40 * 0,8) = 0,87\%.$$

Невикористані газу (в кількості 0,87— 0,28) = 0,59 %) виносять з собою

									Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						52

$0,59 \times 0,69 = 0,4\%$ водяних парів.

Кількість соку II сатурації, який надходить на фільтрацію:

$127,75 + 0,28 - 0,4 = 127,63\%$.

Ефект очищення на II дефекосатурації приймемо рівним 10% до нецукрів нормального соку:

$(2,7 * 10)/100 = 0,27\%$.

Кількість осаду в соку складе: $0,36 + 0,28 + 0,27 = 0,91\%$.

Кількість фільтрованого соку II сатурації:

$127,63 - 10 - 0,91 = 116,72\%$.

Фільтрований сік містить

Цк $17,01 - 0,03 = 16,98\%$ до м. б.;

Нц $1,22 - 0,27 - 0,14 + 0,03 = 0,84\%$ до м. б.;

СР $= 16,98 + 0,84 = 17,82\%$ до м. б.

Склад фільтрованого соку II сатурації (аналіз):

СР $= (17,82 * 100)/116,72 = 15,3\%$;

Цк $(16,98 * 100)/116,72 = 14,54\%$;

Нц $= 15,3 - 14,54 = 0,76\%$;

Ч $= (14,54 * 100)/15,3 = 95\%$.

Сульфітація соку.

Надійшло цукру з буряком – 17,5%

Втрачено цукру у %

$0,4 + 0,15 + 0,03 = 0,53$

$17,5 - 0,53 = 16,97$

Приймемо вміст СР в сиропі – 65%

Кількість сиропу:

$116,69 * 15,3/65 = 27,48\%$

Кількість випареної води:

$116,69 - 27,48 = 89,21\%$.

Склад сиропу після випарювання:

СР = 65, %;

Цк $= (14,53 * 116,69)/27,48 = 61,7\%$;

Нц $= 65,0 - 61,7 = 3,3\%$;

Ч $= (61,7 * 100)/65 = 94,92\%$

Сироп з клеровкою жовтого цукру сульфітують до лужності 0,005% СаО. потім фільтрують. Кількість води, яка випаровувалась при сульфітації фільтрації по нормам складає 0,25 %. Залишкова кількість лугу сульфітованого сиропу в перерахунку на СаО складає:

$0,005 \times (27,48 - 0,25)/100 = 0,0014\%$ СаО, який буде видалений в осад при сульфітації:

$(116,69 * 0,005)/100 - 0,0014 = 0,0044\%$.

					Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Втрати цукру при очищенні сиропу приймемо рівними 0,01 % до м. б. Отже кількість очищеного сиропу складе:

$$27,48 - (0,25 + 0,0044 + 0,011) = 27,21\%$$

В очищений сироп перейде:

$$Цк = 16,9 - 0,011 = 16,88\% \text{ до м. б.}$$

$$Нц = 0,83 - 0,0044 = 0,83\% \text{ до м. б.}$$

$$СР = 1,9053 + 15,94 = 17,84\%$$

Склад очищеного сиропу:

$$СР = (16,88 + 0,83 * 100) / 27,21 = 65,1\%;$$

$$Цк = (16,88 * 100) / 27,21 = 62,06\%;$$

$$Нц = 65,1 - 62,06 = 3,03\%;$$

$$Ч = (62,06 * 100) / 65,1 = 95,34\%$$

4.3. Розрахунки витрат і запасів основної і додаткової сировини, тари, допоміжних та пакувальних матеріалів

Потужність цукрового заводу становить 3000 тонн буряків на добу. Тривалість сезону переробки буряків в середньому становить 58 діб. Кількість буряків необхідна для переробки становить:

$$3000 \text{ т/добу} * 58 \text{ днів} = 174000 \text{ тонн буряків}$$

Втрати при транспортуванні та зберіганні становить 3%, отже:

$$174000 * 0,03 = 5220 \text{ т}$$

Отже, необхідно сировини:

$$174000 + 5220 = 179220 \text{ т}$$

Витрати вапняку становлять при нормі 7,0 т на 100 т буряків

$$174000 * 7,0 / 100 = 121800 \text{ т вапняку}$$

Витрати фільтраційної тканини при нормі 3,29 м² на 100 т буряків

$$174000 * 3,29 / 100 = 5724,6 \text{ м}^2$$

Витрати сірки технічної при нормі 22,6 кг на 100 т буряків

$$174000 * 22,6 / 100 = 39324 \text{ кг (39,324 т)}$$

Витрати соди технічної при нормі 1,2 кг на 100 т буряків становить

$$174000 * 1,2 / 100 = 2088 (2,088 \text{ т})$$

Витрати сульфату алюмінію перед дефекацією становить приблизно 149,3% маси буряків

$$174000 * 149,3 / 100 = 259782 \text{ т соку}$$

Норма витрати сульфату алюмінію 0,05% масо соку

$$259782 * 0,05 / 100 = 129,89 \text{ т}$$

4.4. Вибір і розрахунки продуктивності обладнання

Перевірочний розрахунок встановленого технологічного обладнання

					Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Технічну продуктивність апаратів розраховують за формулою:

$$A = \frac{1440 \cdot V \cdot \varphi \cdot \rho}{10 \cdot a \cdot \tau},$$

де V – повний об’єм апарата, м³;
 φ - коефіцієнт заповнення; для апаратів продуктивністю 3 тис. т буряків на добу і менше дорівнює 0,7;
 ρ - густина продукту, що обробляється, кг/м³;
 a – кількість продукту, що обробляється, % до маси буряків;
 τ - тривалість роботи, хв.

Технічна продуктивність апарату попередньої дефекації, т/добу:

$$\dot{A} = \frac{1440 \cdot 96 \cdot 0,7 \cdot 1070}{10 \cdot 181,14 \cdot 18} = 3175,62$$

Технічна продуктивність апарату попередньої дефекації задовольняє потужність заводу.

Технічна продуктивність апарату теплої дефекації:

$$\dot{A} = \frac{1440 \cdot 80 \cdot 0,7 \cdot 1080}{10 \cdot 188,92 \cdot 15} = 3073,30$$

Технічна продуктивність апарату теплої дефекації задовольняє потужність заводу.

Технічна продуктивність апаратів гарячої дефекації, т/добу:

$$\dot{A} = \frac{1440 \cdot 69 \cdot 0,7 \cdot 1080}{10 \cdot 188,92 \cdot 10} = 3976,08$$

Технічна продуктивність апаратів двоступеневої гарячої дефекації задовольняє потужність заводу.

Технічна продуктивність апарату I сатурації, т/добу:

$$\dot{A} = \frac{1440 \cdot 88 \cdot 0,3 \cdot 1090}{10 \cdot 127,66 \cdot 10} = 3245,92$$

Отже, технічна продуктивність апарату I сатурації задовольняє потужність заводу.

Технічна продуктивність вакуум-фільтрів, т/добу:

$$A = \frac{1440 \cdot 60 \cdot 100 \cdot F \varphi u \rho}{10(a_n - 2C)M} = \frac{1440 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 120 \cdot 0,0003 \cdot 0,3 \cdot 1090}{10 \cdot (138,31 - 2 \cdot 2) \cdot 20} = 5048,$$

де F – загальна площа поверхні фільтрування робочих фільтрів, 160 м²; u – середня швидкість активного фільтрування, 3,0·10⁻³ м³/ (м²с); φ – коефіцієнт використання поверхні фільтрування, 0,3; ρ – густина рідкої фази нефільтрованого соку I сатурації, 1090 кг/м³; a_n – кількість нефільтрованого соку

										Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							55

I сатурації (за виключенням соку, що повертається на попередню дефекацію), 138.31 % до маси буряків; C – загальна кількість вапна, що витрачається на очищення соку, 2 % до маси буряків; M – кількість соку, що відділяється на фільтрах, 20 % до загальної кількості рідкої фази нефільтрованого соку I сатурації.

Технічна продуктивність вакуум-фільтрів задовольняє потужність заводу.

Технічна продуктивність апарату дефекації перед II сатурацією:

$$\dot{A} = \frac{1440 \cdot 18,5 \cdot 0,7 \cdot 1080}{10 \cdot 126,61 \cdot 5} = 3181,39$$

Технічна продуктивність апарату дефекації перед II сатурацією задовольняє потужність заводу.

Технічна продуктивність апарату II сатурації:

$$\dot{A} = \frac{1440 \cdot 63,1 \cdot 0,4 \cdot 1060}{10 \cdot 127,75 \cdot 10} = 3015,76$$

Технічна продуктивність апарату II сатурації задовольняє потужність заводу.

					Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ПЛОЩ ВИРОБНИЧИХ І СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Планування площ виробничих складських приміщень є важливою стадією проектування цукрового заводу, оскільки забезпечує раціональне розміщення технологічного обладнання, зручність організації виробничих потоків, а також надійність зберігання сировини і матеріалів. Правильний розрахунок площ сприяє підвищенню продуктивності підприємства, зниженню втрат та створенню безпечних умов праці.

Проектування території цукрового заводу передбачає розподіл усіх технологічних допоміжних та складських приміщень у відповідності з технологічними процесами та вимогами безпеки. Основними принципами планування є:

- забезпечення безперервності потоку;
- мінімізація переміщення продукції між ділянками;
- дотримання санітарно-гігієнічних вимог і норм пожежної безпеки.

Виробничі приміщення повинні мати достатню площу для розміщення обладнання, проходження технологічних ліній, обслуговування персоналом та проведення поточного ремонту. Складські приміщення, у свою чергу, повинні бути обладнані з урахуванням умов зберігання сировини, проміжних продуктів та допоміжних матеріалів.

Для заводу потужністю 3000 т буряків на добу площі основних технологічних приміщень розраховують виходячи з виробничої програми, розмірів обладнання і вимог норм експлуатації. Основні технологічні ділянки включають:

- приймання та первинного очищення буряків;
- кристалізацію та центрифугування;
- сушіння та пакування цукру.

Площа кожної ділянки визначається сумою площ, необхідних для обладнання проходів, зон обслуговування та запасних площ.

Складські приміщення підприємства поділяють на:

- склади буряків,
- склади готової продукції
- склади допоміжних матеріалів

Склад буряків повинен мати достатню площу для зберігання сировини протягом всього сезону переробки. Для розрахунку площі цього складу використовують добову норму надходження на середній термін зберігання. Якщо тривалість зберігання буряків до переробки становить 3-5 діб, то об'єм складу визначається:

$$V_{\text{скл. буряків}} = 3000 * 3 = 9000 \text{ т}$$

Якщо врахувати допустимі щільності укладання і висоти штабелювання приміщення, площа такого складу становитиме орієнтовно 4000-4500 м².

Склади готової продукції проектуються на основі обсягу продукції, що формується за добу, та строків зберігання. Для цукру, який фасується і зберігається до відвантаження, достатня площа розраховується з урахуванням палетного зберігання та проїздів для вантажної техніки.

Склади допоміжних матеріалів повинні бути розміщені таким чином, щоб забезпечувати швидкий доступ до них технологічних ліній, а також відповідати вимогам пожежної безпеки й охорони праці.

Організація матеріальних потоків на території заводу має забезпечувати логічну послідовність надходження сировини-переробки-зберігання продукції-відвантаження. Транспортні комунікації плануються так, щоб мінімізувати перехрещення потоків, особливо між сировиною і готовою продукцією [42,43].

Забезпечення технічної безпеки приміщень досягається дотриманням нормативів санітарних розривів між зонами різної технологічної небезпеки, встановленням вентиляції та системи пожежогасіння відповідно до Державних будівельних норм і нормативів безпеки харчових виробництв.

					Розділ 5. Розрахунок площ виробничих і складських приміщень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Технічна продуктивність фільтрпресів КФ-1000, т/добу:

$$A = \frac{1440 \cdot 60 \cdot 100 \cdot F u \rho \tau_1}{10(a_n - 2C)M(\tau_1 + \tau_2)}, \text{ т/добу}$$

$$F = \frac{10 \cdot (138,31 - 2 \cdot 2) \cdot 20 \cdot (9 + 3) \cdot 3000}{1440 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,0005 \cdot 1100 \cdot 3} = 70 \text{ м}^2$$

де F – загальна площа поверхні фільтрування, м^2 ; u – середня швидкість активного фільтрування, $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$; ρ – густина суспензії, 1100 кг/м^3 ; a_n – кількість нефільтрованого соку І сатурації (за виключенням соку, що повертається на попередню дефекацію), 138,31 % до маси буряків; C – загальна кількість вапна, що витрачається на очищення соку, 2 % до маси буряків; M – кількість соку, що відділяється на фільтрах, 20 % до загальної кількості рідкої фази нефільтрованого соку І сатурації; τ_1 – тривалість активного фільтрування, 3 хв; τ_2 – тривалість допоміжних операцій, 9 хв.

За розрахунками видно, що нам потрібно встановити три фільтрпреси, щоб вони задовольняли нас за продуктивністю, та ми встановлюємо ще один для покращення та пришвидшення роботи станції фільтрування суспензії соку І сатурації.

Вибір і розрахунок насосів

Розрахунок насосів здійснюється за формулою:

$$Q = \frac{10 \cdot A \cdot a \cdot k}{24 \cdot \rho}, \text{ м}^3 / \text{добу},$$

де A – потужність заводу, т/добу;
 a – кількість продукту, % до маси буряків;
 k – коефіцієнт нерівномірності потоку продукту;
 ρ – густина продукту, г/см^3 .

$$Q = \frac{10 \cdot 3000 \cdot 126,61 \cdot 1,15}{24 \cdot 1055} = 172,5$$

Насос фільтрованого соку І сатурації, $\text{м}^3/\text{год}$:

За технічними характеристиками вибираємо насос С0Т-100М при висоті напору 50 м і подачі $150 \text{ м}^3/\text{год}$. Розрахуємо кількість насосів:

					Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$n = \frac{172,5}{100} = 1,72$$

Необхідно встановити 2 насоси для фільтрованого соку I сатурації.

Насос соку на попередню дефекацію, м³/год.:

$$Q = \frac{10 \cdot 3000 \cdot 181,14 \cdot 1,15}{24 \cdot 1064} = 244,7$$

За технічними характеристиками вибираємо насос СOT-150М при висоті напору 50 м і подачі 150 м³/год. Розрахуємо кількість насосів:

$$n = \frac{244,7}{150} = 1,6$$

Приймаємо кількість насосів попередньої дефекації рівною двом.

Насос подачі аміачної води на промивку фільтрпресів, м³/год.:

$$Q = \frac{10 \cdot 3000 \cdot 60 \cdot 1,15}{24 \cdot 970} = 88,9$$

За технічними характеристиками вибираємо насос СOT-150М при висоті напору 50 м і подачі 100 м³/год. Розрахуємо кількість насосів:

$$n = \frac{88,9}{100} = 0,88$$

Приймаємо кількість насосів попередньої дефекації рівною двом, один резервний.

Розрахунок збірників, мішалок та трубопроводів

Розрахунок збірників ведеться за формулою, т/добу:

$$A = \frac{1440 \cdot V_n \cdot \rho}{10 \cdot a \cdot \tau}$$

де A – потужність заводу, т/добу;
 V_n – загальний корисний об'єм збірника, м³;
 ρ – густина продукту, кг/м³

a – кількість продукту, % до маси буряків;

τ – розрахунковий час перебування продукту в збірнику, хв.

$$V_n = \frac{10 \cdot a \cdot \tau \cdot A}{1440 \cdot \rho}$$

Збірник дефекованого соку, м³:

$$V_n = \frac{10 \cdot 188,92 \cdot 2 \cdot 3000}{1440 \cdot 1080} = 7,29$$

					Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Збірник фільтрованого соку І сатурації, м³:

$$V_n = \frac{10 \cdot 126,61 \cdot 6 \cdot 3000}{1440 \cdot 1055} = 15$$

Розрахунок мішалок проводиться за формулою, т/добу:

$$A = \frac{1440 \cdot V_n \cdot \varphi \cdot \rho}{10 \cdot a \cdot \tau}$$

де A – потужність заводу, т/добу;

V_n – загальний корисний об'єм збірника, м³;

φ – коефіцієнт заповнення мішалки;

ρ – густина продукту, кг/м³

a – кількість продукту, % до маси буряків;

τ – розрахунковий час перебування продукту в збірнику, хв.

$$V_n = \frac{10 \cdot a \cdot \tau \cdot A}{1440 \cdot \varphi \cdot \rho}$$

Мішалка згущеної суспензії соку І сатурації, м³:

$$V_n = \frac{10 \cdot 17,35 \cdot 6 \cdot 3000}{1440 \cdot 0,8 \cdot 1100} = 2,46$$

Мішалка вапняного молока, м³:

$$V_n = \frac{10 \cdot 10,3 \cdot 15 \cdot 3000}{1440 \cdot 0,8 \cdot 1190} = 3,38$$

Розрахунок трубопроводів проводиться за формулою, т/добу:

$$A = \frac{86400 \cdot 3,14 \cdot D^2 \cdot u \cdot \rho}{10 \cdot 4 \cdot k \cdot a}$$

де D – діаметр трубопроводів, м;

a – кількість продукту, який транспортується, % до маси буряків;

U – швидкість руху продукту в трубопроводі, м/с;

ρ – густина продукту, що перекачується, т/м³;

k – коефіцієнт нерівномірності (постійності) середовища.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot A \cdot k \cdot a}{86400 \cdot 3,14 \cdot u \cdot \rho}}$$

Нагнітальний трубопровід для дифузійного соку, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3000 \cdot 110}{86400 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 1064}} = 0,2$$

Всмоктувальний трубопровід для дифузійного соку, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3000 \cdot 110}{86400 \cdot 3,14 \cdot 1,0 \cdot 1064}} = 0,67$$

					Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Нагнітальний трубопровід для нефільтрованого соку I сатурації, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3000 \cdot 127,66}{86400 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 1090}} = 0,2$$

Нагнітальний трубопровід для фільтрованого соку I сатурації, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3000 \cdot 126,616}{86400 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 1055}} = 0,21$$

Всмоктувальний трубопровід для фільтрованого соку I сатурації, м[44]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3000 \cdot 126,616}{86400 \cdot 3,14 \cdot 0,7 \cdot 1055}} = 0,26$$

					Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

РОЗДІЛ 7. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ У ВИРОБНИЦТВІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ISO 9000 ТА НАССР

Система НАССР розшифровується як система аналізу ризиків і критичних точок управління та керівництво з її застосування. ХАССП — інструмент управління безпекою харчових продуктів, який на відміну від традиційної перевірки і контролю якості надає більш структурований підхід для контролю виявлених ризиків [45].

Концепція НАССР полягає у:

- 1) ідентифікації можливих причин небезпечності продукту;
- 2) встановленні того, де і як вони можуть бути усунуті, попереджені чи приведені до прийнятного рівня;
- 3) розробці відповідних заходів і навчання персоналу;
- 4) впровадження заходів на практиці та документування.

Впровадження системи НАССР надає підприємствам харчової промисловості України низку суттєвих переваг та допомагає офіційному інспектуванню і розвитку міжнародної торгівлі, оскільки посилює впевненість у безпеці харчових продуктів [46].

Переваг від використання системи НАССР багато. Нижче перерахуємо найважливіші з них:

- НАССР є систематичним підходом до забезпечення безпеки харчових продуктів;
- акцентування уваги на забезпечення безпеки при виробництві і реалізації продукції;
- оптимізація внутрішніх ресурсів підприємства;
- покращує планування і сприяє зниженню кількості подальших перевірок;
- правильно проведений аналіз небезпечних чинників дозволяє виявити приховані небезпеки і направити відповідні ресурси в критичні точки процесу;
- підвищення довіри споживача до наданої продукції або послуги;
- зменшення втрат, пов'язаних із відкликанням продукції, штрафними санкціями і судовими позовами;
- поліпшення документації;
- НАССР може інтегруватися в загальну систему менеджменту якості у відповідності зі стандартами серії ISO 9000;
- підвищення інвестиційної привабливості;
- підвищення конкурентоспроможності продукції підприємства;
- застосування НАССР є найбільш ефективним засобом попередження захворювань, що викликаються харчовими продуктами;
- використання системи НАССР дозволяє розширити коло клієнтів і ділових партнерів.

					Розділ 7. Контроль якості та безпеки у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 ТА НАССР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Щодо недоліків від застосування НАССР, то їх, порівнюючи з перевагами, досить небагато. Основні недоліки ХАССП:

- потребує технічних, людських та матеріальних ресурсів, які не завжди є доступними для організації;
- вимагає високих зусиль із залучення усіх елементів організації;
- потребує дуже багато часу; – залучає зміни у відношенні;
- вимагає деталізованих технічних даних та їх постійного оновлення;
- потребує сконцентрованої дії усіх учасників харчового ланцюга;
- потребує збереження інформації для простого шляху впровадження [47].

В Україні на сьогодні вимоги до цукру, що виробляється вітчизняними цукровими заводами, встановлюються ДСТУ 4623:2023 «Цукор. Технічні умови». Згідно із стандартом, цукор залежно від способу виробництва поділяють на кристалічний, сахарозу для шампанського, цукрову пудру і пресований. Кристалічний цукор за показниками якості поділяють на чотири категорії: першу, другу, третю і четверту; пресований цукор — на три категорії: першу, другу і третю. Сахарозу для шампанського виробляють першої та другої категорій, цукрову пудру — першої, другої та третьої категорій.

ДСТУ 4623:2023 встановлює вимоги щодо органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників і вмісту токсичних елементів. Органолептичні показники передбачають контроль зовнішнього вигляду, запаху і смаку, а також чистоти розчину. У групі фізико-хімічних показників контролюються масова частка сахарози, редукувальних речовин, вологи, золи, кольоровість у розчині, масова частка феродомішок і величина їх окремих часток. За мікробіологічними показниками цукор для окремих споживачів (виробництво продуктів дитячого харчування, молочних консервів і біофармацевтичної промисловості) повинен відповідати вимогам, які встановлені МБВ № 5061 (Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і продуктів харчування, 1989), зокрема за кількістю мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, плісневих грибів, дріжджів, бактерій групи кишкових паличок (колі форми), патогенних мікроорганізмів, в тому числі бактерій роду *Salmonella*. Вміст токсичних елементів у цукрі не повинен перевищувати допустимі рівні, встановлені МБВ № 5061 (Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і продуктів харчування, 1989), зокрема стандартом передбачено контроль вмісту ртуті, миш'яку, свинцю, кадмію.

Крім того, можуть бути враховані сучасні додаткові вимоги замовника, зокрема щодо каламутності цукрових розчинів для виробництва безалкогольних і слабоалкогольних напоїв, вмісту сірчистого ангідриду та золи, рН розчинів цукру, коефіцієнта однорідності кристалів тощо [48].

					Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 ТА НАССР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

7.1 Основи системи управління безпечністю харчової продукції НАССР

Codex Alimentarius структурує запровадження НАССР у вигляді 12 кроків, з яких 5 є підготовчими, а 7 – власне принципами системи НАССР. Підготовчі кроки здійснюють перед застосуванням системи НАССР, до них належать: створення робочої групи НАССР; опис готового продукту з визначенням передбачуваного способу споживання продукту; складання та перевірка блок-схеми технологічного процесу виготовлення продукту.

Спосіб контролю НАССР складається з семи принципів:

Принцип 1. Проведення аналізу небезпечних чинників. Група НАССР має перерахувати всі небезпечні чинники, що можуть виникнути на кожному виробничому етапі відповідно до сфери застосування, починаючи від первинного виробництва, переробки, виготовлення та збуту, і закінчуючи споживанням.

Принцип 2. Визначення критичних контрольних точок (ККТ). Визначення ККТ в системі НАССР можна спростити за допомогою «дерева прийняття рішень», що пропонує логічно обґрунтований підхід.

Принцип 3. Встановлення критичних меж. Критичною межею є максимальне або мінімальне значення, в границях якого необхідно утримувати певний біологічний, хімічний чи фізичний параметр на ККТ для запобігання, уникнення або зменшення до прийняттого рівня ризику щодо безпеки харчових продуктів. До них належать: температура, час, активність води, рН, титрована кислотність.

Принцип 4. Встановлення системи моніторингу ККТ. Моніторинг виконує три цілі:

1. Моніторинг є обов'язковим для управління безпекою продукції, оскільки дає змогу відстежити роботу системи.

2. Моніторинг використовується для визначення втрати контролю та відхилення на ККТ (тобто перевищення критичної межі). Необхідне застосування коригувальної дії.

3. Моніторинг забезпечує письмову документацію для використання під час перевірки плану НАССР.

Принцип 5. Розроблення та застосування коригувальних дій для кожної критичної контрольної точки у разі, якщо система моніторингу засвідчить перевищення граничних значень вимірюваного технологічного параметру.

Принцип 6. Розроблення процедур перевірки для упевненості в ефективності функціонування системи.

Принцип 7. Документування процедур і реєстрація даних, необхідних для функціонування системи. Всі процедури НАССР мають бути задокументовані. Рекомендаційні матеріали, розроблені експертами, можна використовувати як частину документації за умови, що такі матеріали відображають конкретні операції з харчовими продуктами, здійснювані підприємством [49].

					Розділ 7. Контроль якості та безпеності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 ТА НАССР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Загальні програми-передумови для цукрового виробництва (НАССР)

№	Назва програми-передумови	Мета встановлення	Тип/джерела небезпечного чинника, що підлягає контролю	Застосовані стандартні санітарні робочі процедури
1	Забезпечення належного проектування будівель та приміщень сокоочисного відділення	Забезпечити зручність санітарної обробки, запобігання перехресному забрудненню та безпечне переміщення сировини і продукту	Біологічний – можливе мікробіологічне забруднення через складне планування приміщень; фізичний – накопичення бруду; хімічний – залишки мийних засобів	Схеми розміщення обладнання; регламенти прибирання, інструкції з санітарної обробки поверхонь
2	Контроль санітарного стану обладнання сокоочисного відділення	Запобігти забрудненню соку та забезпечити стабільну якість очищення	Біологічний – розвиток мікроорганізмів у залишках соку; фізичний – частинки накипу; хімічний – надлишок реагентів	Миття та дезінфекція апаратів, графіки очищення, контроль концентрацій мийних розчинів
3	Контроль якості води, що використовується у сокоочисному процесі	Забезпечити безпечність технологічної води	Біологічний – патогенні мікроорганізми; хімічний – солі важких металів; фізичний – механічні домішки	Аналіз води, фільтрація, знезараження, ведення журналів контролю

4	Управління хімічними реагентами	Запобігти надлишковому або неправильному внесенню реагентів	Хімічний перевищення доступних концентрацій; Фізичний домішки реагентах	– – у	Регламенти дозування, перевірки якості реагентів, інструкції безпечного зберігання	3
5	Санітарна підготовка персоналу сокоочисного відділення	Знизити ризик мікробіологічного забруднення продукції	Біологічний перенесення мікрофлори працівниками	–	Медогляди, санітарний одяг, інструктаж гігієни	3
6	Контроль відходів та побічних продуктів	Запобігти вторинному забрудненню виробничих зон	Біологічний розвиток мікроорганізмів, фізичний потрапляння осаду в продукт	– –	Регулярне вивезення відходів, очищення місць накопичення	

7.2 Основи системи управління якістю. Технохімічний контроль виробництва та метрологічне забезпечення

Технохімічний контроль – це галузь знань, що охоплює сукупність хімічних і фізико-хімічних методів та способів дослідження, які забезпечують контроль за перебігом технологічних процесів. Для проведення аналізів використовують контрольно-вимірювальні прилади, за допомогою яких визначають оптимальні технологічні параметри з урахуванням якості сировини та контролюють їх фактичні значення на всіх етапах виробництва.

Відповідальність за виконання аналітичних досліджень покладається на хімічну лабораторію, яка також здійснює встановлення раціональних технологічних режимів залежно від якості буряків, що надходять на перероблення.

Орієнтовна схема контролю сокоочисного відділення

Найменування		Місце та порядок відбору проб	Кількість аналізів у змін
продуктів	аналізів		
Сік попередньої дефекації	Загальний вміст СаО, % до об'єму соку, лужність, рН	Із переливної коробки преддефекатора (6 зон відбору)	12
Дефекований сік	Загальний вміст СаО, % до об'єму соку, лужність, рН	Із крану на трубопроводі із дефекатора на сатуратор	12
Сатураційний газ	% CO ₂	Із крана на трубопроводі CO ₂	4
Вапняне молоко	Густина	Із дозатора вапняного молока	12
Сік I сатурації фільтрований	Лужність, рН, прозорість	Із фільтрів соку I сатурації	12
Сік II сатурації фільтрований	Лужність, рН, прозорість	Із фільтрів соку II сатурації	12
Сульфітований сік	а) прозорість, лужність, рН	Із крана на трубопроводі	а)12
	б) сухі речовини (СР), цукроза, кольоровість, солі кальцію, чистота		б)4
Розріджений фільтраційний осад	Вміст цукрози в середніх пробах	З мішалки розрідженого осаду	6

Фільтраційний осад	Вміст цукрози	Із стрічкового транспортеру фільтраційного осаду після фільтрпресів	3
Промої при фільтруванні	Сухі речовини	Із крана на трубопроводі, який подає промий	12
Сироп з випарної установки	а) СР, лужність, прозорість, рН б) СР, Цк, Ч, солі кальцію в середній пробі	Із пробного крана на трубопроводі з концентратора	12
			2
Сироп з клеровкою після сульфатації	а) СР, лужність, прозорість, рН б) СР, Цк, Ч, солі кальцію в середній пробі	Із крана на збірниках густого сиропу	12

Вміст сухих речовин у напівпродуктах і готових розчинах визначають рефрактометричним методом, принцип якого ґрунтується на залежності показника заломлення світлового променя від концентрації розчинених речовин. Аналіз проводять з використанням лабораторних рефрактометрів типу УРЛ-1, РПЛ-3, що дає змогу оперативно контролювати концентрацію сухих речовин на різних стадіях технологічного процесу.

Вміст сахарози знаходять за формулою:

$$Ц = \frac{1,04 \times П}{D}, \%$$

де П - показ приладу; %

D - густина розчину; г/см³

Визначення вмісту сахарози здійснюють поляриметричним методом, який базується на властивості оптично активних сполук, зокрема сахарози, обертати площину поляризації поляризованого світла на певний кут. Для проведення аналізів застосовують поляриметри марок СУ-3, СУ-4, СУ-5. Масову частку сахарози в розчині обчислюють за відповідною формулою з урахуванням показів приладу та густини досліджуваного розчину. Чистоту знаходять за таблицею М.О.Архиповича, або ж розраховують за формулою:

$$Ч = \frac{C_x}{C_P} \times 100, \%$$

де C_x - вміст сахарози в розчині;

					Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 TA HACCP	Арк. 69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СР - вміст сухих речовин в розчині.

Контроль водневого показника (рН) здійснюють у водному розчині з масовим співвідношенням 1:1. Визначення рН проводять колориметричним або потенціометричним методом за допомогою лабораторного рН-метра. Потенціометричний метод базується на вимірюванні електрорушійної сили, що виникає між двома електродами, зануреними в досліджуваний розчин, при цьому потенціал одного електрода є сталим, а іншого – залежить від активності іонів водню.

Чистоту соку визначають табличним методом за даними М.О. Архиповича або розрахунковим шляхом як відношення вмісту сахарози до загального вмісту сухих речовин у розчині. Даний показник є важливим критерієм оцінки ефективності процесів очищення дифузійного соку.

Кольоровість напівпродуктів визначають колориметричним методом із використанням колориметрів КСМ. Метод ґрунтується на порівнянні інтенсивності забарвлення досліджуваного розчину із стандартними зразками та підпорядковується закону Ламберта-Бера, відповідно до якого світлопоглинання прямо пропорційне концентрації забарвлених речовин і товщині шару розчину. Аналіз проводять у розведенні 1:1, а отриманий результат подвоюють. Розрахунок кольоровості здійснюють із урахуванням вмісту сухих речовин, нормальності скла, густини та висоти стовпа розчину.

Таблиця 7.3

Метрологічне забезпечення технологічного процесу

№	Стадії технологічних параметрів, що потребують контролю	Найменування засобів вимірювання, заводське устаткування (позначення, стандарт або технічні умови)	Межі вимірювання	Клас точності, допустимі похибки
1	Визначення рН	Промисловий рН-метр типу Hanna HI 2211, Endress+Hauser Liquiline CM442 (ДСТУ EN 60746-2)	рН 0–14	±0,02–0,05 рН
2	Визначення загальної лужності соків	Титратор автоматичний Metrohm 888 Titrando	0–10 ммоль/л	±0,02 %

Продовження табл.7.3

3	Контроль концентрації CO ₂ у сатураційному газі	Газоаналізатор інфрачервоний SiemensUltramat 23	0–40 % CO ₂	±1 %
4	Визначення густини вапняного молока	Ареометр типу АОН	1,00–1,30 г/см ³	±0,005 г/см ³
5	Контроль прозорості соків	Фотоколориметр КФК-3 або аналоги	0–100 % пропускання	±1 %
6	Визначення вмісту сухих речовин (СР)	Рефрактометр цифровий Atago PAL-1	0–85 % Brіx	±0,1 %
7	Визначення масової частки цукрози	Поляриметр цукровий типу ПЦУ-1	0–100 °Z	0–100 °Z
8	Контроль вмісту солей кальцію	Автоматичний титратор	0–500 мг/л Ca ²⁺	±2 %
9	Визначення вмісту СаО	Лабораторний титратор, бюретка класу А (ДСТУ ISO 385)	0–2 % СаО	±0,02 %
10	Контроль температури процесів дефекації і сатурації	Термопара типу К, термометр опору Pt100 (ДСТУ EN 60751)	0–150 °С	±0,5 °С
11	Контроль витрати вапняного МОЛОК	Витратомір електромагнітний Endress+HauserPromag	0–100 м ³ /год	±0,5–1 %

РОЗДІЛ 8. ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА

В комплекс будівель Згурівського цукрового заводу потужністю 3000 тонн буряків на добу входять: виробничий корпус, адміністративні споруди, допоміжні будівлі і ряд підсобних приміщень і споруд.

Будівля відноситься до II ступеню вогнестійкості.

Головний корпус являє собою цегляну двохповерхову будівлю, площею 2304 м², відстань по осях стін - 62,8 м, висота від підлоги до низу несучих конструкцій першого поверху 6,8 м., висота від підлоги другого поверху до низу несучих конструкцій 12 м. В середній частині будівлі сокоочисного цеху сітка колон має розмір 6 х 6 м.

Підґрунтя і конструкції фундаменту під будівлі та технологічного обладнання: в місцях закладання фундаменту роблять підсипку з піску і шлаку проти промерзання ґрунту. В місцях розташування важкого обладнання, в якості фундамент використовують щільні масивні плити. Легке обладнання розташовують на підлозі. Стіни будівлі спираються на стрічковий фундамент з збірних залізобетонних блоків.

Стіни виконані зі звичайної цегли М -100 на цементному розчині. Так як завод старої забудови, то стіни мають товщину 800 мм. Для будівлі вони є основними несучими елементами. Перегородки приміщенні виконані з цегли з товщиною стін 250 мм.

Несучими конструкціями покриття є сталеві ферми, в місцях спирання яких стіни підсиленні пілястрами. Основне обладнання розташоване на площадках на відмітці +4.800; +7.000;+ 7.700. Площадки виконані у вигляді рифленого металевого настилу , вкладеного по сталевих двотаврових балках. Несучими конструкціями площадок є сталеві колони наскрізного двотаврового перерізу.

Основне виробниче приміщення має природну аерацію та освітлення. Природне освітлення здійснюється через вікна. Освітлення на першому поверсі переважно штучне (електричне) за допомогою ламп розжарювання. Освітлення на другому поверсі здійснюється через віконні прорізи та світло аераційний ліхтар, а також штучне. Віконні рами дерев'яні, подвійні з переплетенням. Двері в сокоочисному відділенні одинарні і подвійні (парні).

Підлога бетонна, вона не вбирає вологу. В лабораторії заводу підлог виконана з керамічної плитки, покладеної на цементному розчині.

Система каналізації :стік води на виробництві складається зі зливних, господарсько-побутових та виробничих січневих вод. На заводі використовується відокремлююча каналізація, яка складається з двох окремих колекторів. По першому колектору видаляються господарсько - побутові води і виробничо - стічні води, які направляються на очисні споруди. По іншому

					Розділ 8. Інженерні системи та енергетичне господарство підприємства	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

колектору видаляються умовно -чисті виробничі стічні води, які не потребують спеціального очищення перед скиданням у водойми .

Джерелом виробничого водопостачання є озеро, що знаходиться на території заводу.

Для підтримання у виробничому приміщенні мікрокліматичних умов чистоти повітря, що задовольняє санітарно - гігієнічні вимоги, застосовується приливно-витяжна вентиляція.

Система опалення виробничого приміщення - водяне (за допомогою радіаторів). Побутові та допоміжні приміщення опалюються центральною системою опалення.

					Розділ 8. Інженерні системи та енергетичне господарство підприємства	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 9. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО-, РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Негативні наслідки заводу по відношенню до навколишнього середовища такі:

- погіршення земельних ресурсів (забруднення ґрунтів відходами виробництва);
- забрудненість водних ресурсів (виснаження підземних вод);
- забруднення атмосферного повітря (насичення повітря неорганічними речовинами);
- деградація біологічних ресурсів (зменшення властивості самоочищення біосфери в результаті поглинання шкідливих речовин);
- проблеми екології людини (забруднення середовища життя людини.

Велику шкоду наносять пил, що утворюється при завантаженні вапняку. В основному у виробництві при проведенні процесів утворюється значна кількість газових та пилових осадів.

Використання земельних ресурсів

Основним продуктом виробництва є цукор-пісок, до побічної продукції належать жом і меляса. До оборотних відходів належать бій і хвостики цукрових буряків. Викиди виробництва – це неминучі технологічні втрати. На заводі є відходи, до яких належать фільтраційний осад, відсів вапняку, недопал та перепал вапняку, зола і шлаки, ТЕЦ, промислові і стічні води.

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

Витрати основних і допоміжних матеріалів вапняку, фільтрувальної тканини, сірки технічної, жиру технічного, хлорного вапна не перевищують встановлених норм.

Характеристика викидів у атмосферу, існуючих систем очищення викидів від забруднювальних речовин

На підприємстві розроблені заходи, що направлені на зменшення викидів забруднювальних речовин і на покращення умов їх розсіювання в атмосфері.

Характеристика викидів шкідливих речовин в атмосферу, систем і обладнання для очищення викидів наведені нижче. Викиди не перевищують встановлених лімітів.

Сатураційна труба I сатурації - CO;

Сатураційна труба II сатурації - CO;

Сульфататор соку - SO₂;

Сульфататор води - SO₂;

					Розділ 9. Система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

П сатурація - сірчистий ангідрид;
Сушильний барабан - цукровий пил;
Висолоджувальний барабан - укровий пил;
Вапновипалювальна піч - пил вапняку;
Вапняне відділення - пил вапняку, пил коксу.

Характеристика викидів шкідливих речовин в атмосферу:

- Окис вуглецю
- Сірчистий ангідрид
- Сажа
- Діоксид азоту
- Аміак
- Марганець і його сполуки
- Пил цукру
- Пил вапняку
- ил коксу
- Пил деревний
- Пил металевий
- Ванадій п'ятиоксид

Обладнання для очищення викидів недостатньо і частина його через значний знос працює неефективно.

До неорганізованих джерел викидів відносять:

Пил дерев'яний - установка для уловлювання пилу і стружки;

Пил цукровий - пиловловлювач АС – 5, пиловловлювач АС – 6, пиловловлювальна установка.

Характеристика скидів у водні об'єкти, існуючих систем і споруд водопостачання і каналізації

На ставку розміщені берегові водозабори, на яких встановлені рибозахисні споруди. Облік використаної води ведеться розрахунковим методом по продуктивності насосів.

Великі витрати води для оборотної системи вод І категорії головного корпусу, ситеми транспортно – мийних вод, охолоджувальні системи вод І категорії ТЕЦ. На заводі підлягають охолодженню і очищенню води ІІІ категорії.

Оборотну воду І категорії охолоджують від 45-50°C до 20-25°C, повертають у водойми оборотної води без очистки. Транспортно-мийну воду очищають на радіальних відстійниках, концентрація завислих речовин при цьому знижується від 19740 мг/л до 13818 мг/л. Стічну воду направляють на поля фільтрації з пропускною здатністю 1000,0 м³/год. Використання конденсату:

- на ТЕЦ;
- на дифузію;
- лабораторія заводу;
- на апарати;

					Розділ 9. Система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

- прання мішків;
- на вакуум апарати;
- підігрівачі, утфелемішалки III продукту;
- прання фільтраційного полотна.

Склад стічних вод

Найбільше стічних вод утворюється за рахунок транспортерно – мийних вод.

Хімічний склад стічних вод залежить від кількості і якості вихідної води, що йде на виробничі потреби, якості і стану буряків перероблених, пори року, ступенню використання вод і різного стану суміші окремих стоків, що відходять від різних станцій цукрового заводу.

Стічні води:

- надлишок транспортерно-мийного осаду;
- води з відвалу фільтраційного осаду;
- від сировинної лабораторії;
- від миття дифузійних ножів;
- кислі жомопресові води;
- лаверна вода;
- пульпа з жомопресовою водою;
- від продування:
- оборотні системи вод I категорії головного корпусу;
- оборотні системи вод I категорії ТЕЦ;
- оборотні системи компресорної станції;
- оборотні системи лаверних вод;
- з системи холодильної станції;
- парових котлів;
- від прання мішків;
- конденсат від підігріву мазуту;
- від заводської лабораторії;
- від миття підлоги і апаратів;
- від миття елеватора і бурякових ваг;
- господарсько-побутові стічні води.

Вплив забруднювальних речовин виробництва на людей

Фільтраційний осад передається іншим господарством. Але ступінь використання відходів є недостатнім у зв'язку з відсутністю раціональних методів переробки та застосування в народному господарстві.

У відповідності з постановою кабінетів Міністрів № 554 від 27.07.95р. цукрові заводи віднесені до об'єктів, які становлять підвищену екологічну небезпеку. Більшість технологічних процесів дуже шкідливо діють на навколишнє середовище.

					Розділ 9. Система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					76	

Погіршення земельних ресурсів виведенням з полів верхнього поживного шару ґрунту, що веде до поступового зниження родючого ґрунту і гумусу ґрунтів, забруднення ґрунтів відходами виробництва, засолення ґрунту стічними водами; забрудненість водних ресурсів скидами забруднюючих речовин водойми, виснаження підземних вод, “цвітіння водойм”; забруднення атмосферного повітря насиченням повітря неорганічними речовинами, забруднення повітря внаслідок гниття відходів;

деградація біологічних ресурсів, деградація рибних ресурсів, зменшення властивості самоочищення біосфери в результаті поглинання шкідливих речовин; проблеми екології людини, забруднення середовища життя людини, збільшення вмісту в організмі людини шкідливих речовин, що призводять до захворювання.

					Розділ 9. Система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

РОЗДІЛ 10. ЗАХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

Згідно з положеннями статті 1 Закону України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ (у редакції, чинній з 1 січня 2015 року), охорона праці розглядається як цілісна система правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я та підтримання працездатності працівників у процесі виконання ними трудових обов'язків.

Разом із тим, функціонування державних, регіональних і галузевих органів управління охороною праці, а також діяльність контрольних і наглядових служб не можуть гарантувати належний рівень безпеки виробничих процесів без усвідомлення значущості охорони праці всіма учасниками трудових відносин. Дотримання вимог безпеки повинно стати щоденною практикою та етичним обов'язком роботодавців, керівного складу, інженерно-технічних працівників і кожного працівника підприємства. Вирішення комплексу питань у сфері охорони праці можливе лише за умови впровадження системного підходу, який передбачає створення та функціонування ефективної системи управління охороною праці (СУОП) на підприємствах незалежно від їх форми власності та масштабів діяльності.

Управління охороною праці на рівні підприємства являє собою організований процес реалізації управлінських рішень, що здійснюються відповідальними посадовими особами на основі безперервного аналізу інформації про стан безпеки праці на всіх робочих місцях. Метою такого управління є підтримання та постійне вдосконалення рівня охорони праці відповідно до чинних нормативно-правових актів і вимог законодавства.

Умови праці – це вся сукупність факторів виробничого середовища і процесу виконання службових обов'язків на підприємстві, в установі чи організації всіх форм власності та незалежно від роду діяльності, що впливають на здоров'я і працездатність людини під час її професійної діяльності. Своєю чергою працездатність – це здатність людини до праці, яка визначається рівнем її фізичних і психофізичних можливостей, а також станом здоров'я та професійною підготовкою.

Відповідно, належні й безпечні умови праці – це весь комплекс умов праці, кількості та якості обладнання, порядку і способів його використання, стан робочого приміщення й навколишнього середовища. До цього переліку слід віднести: справний стан машин, механізмів, верстатів, пристроїв, устаткування та інших засобів виробництва; безпечні матеріали та інструменти, необхідні для виконання роботи; справна система постачання виробництва електроенергією, разом із іншими джерелами енергоживлення; своєчасне забезпечення технічною

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

документацією; опалення, вентиляція, система усунення шкідливих наслідків шуму, випромінювань, вібрації та інших факторів, що негативно впливають на здоров'я робітників; стан засобів колективного та індивідуального захисту, санітарно-побутові умови.

На думку Л. Керб, безпечними та здоровими умовами праці називаються такі умови на підприємстві, в установі та організації, за яких вплив на працівника небезпечних і шкідливих чинників не перевищує гранично допустимих значень. Залежно від кількості небезпечних та шкідливих чинників і факторів, умови праці можна поділити на чотири основних класи :

- оптимальні умови праці – за яких зберігається стан здоров'я працівників і їх працездатність підтримується на досить високому рівні;
- допустимі умови праці – такі, за яких параметри факторів виробничого середовища не перевищують установлених гігієнічних нормативів;
- шкідливі умови праці, що характерні наявністю фактів середовища та процесу праці, рівні яких перевищують гігієнічні нормативи і можуть негативно впливати на організм працівника;
- небезпечні умови праці, що характерні таким рівнем небезпечності факторів, коли їх вплив протягом робочої зміни створює великий ризик виникнення важких форм гострих професійних захворювань, отруєнь, ушкоджень, загрози для життя та здоров'я працівника.

Безпечні та здорові умови праці створюються шляхом забезпечення працівника: зручним робочим місцем; чистим повітрям, необхідним для нормальної життєдіяльності; захистом від дії шкідливих речовин та випромінювань, що можуть потрапити в робочу зону; нормованою освітленістю; захистом від шуму та вібрацій; засобами безпеки при роботі з травмонебезпечним обладнанням; робочим одягом і засобами індивідуального захисту; побутовими приміщеннями та спеціальними службами, що призначені створювати безпечні й нормальні санітарні умови праці; медичним обслуговуванням і санітарно-профілактичними заходами, що призначені для збереження здоров'я [50,51].

Санітарні умови праці на виробництві (на прикладі робочих місць сокоочисного відділення)

В сокоочисному відділенні працівники можуть піддаватися дії таких факторів:

- підвищена запиленість повітря (вапняковий пил);
- підвищена температура (випарна установка, гарячий дефлектор; сатуратори, теплообмінники);
- підвищена вологість (вапнякове відділення);
- понижена вологість (випарна установка);
- підвищені рівні шуму і вібрації (насосні групи, компресори, вентилятори, турбоагрегати);
- недостатній рівень освітленості на I поверсі;

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

- підвищена загазованість повітря (CO_2 , CO , H_2S , Na_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, SO_2 , NH_3);
- електричні фактори (статична електрика, небезпечний рівень напруг).

Мікроклімат

Мікроклімат виробничого приміщення – це стан повітря у виробничому приміщенні. Мікроклімат визначається такими параметрами: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, теплове випромінювання. Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря нормується з урахуванням пори року та категорії робіт.

Температура в холодну період року в сокоочисному відділенні (в залежності від процесу) коливається 17 – 24°C; відносна вологість 64 – 75%; швидкість руху повітря 0.5м/с. В теплий період року температура на всіх процесах більше 28°C; відносна вологість 75%; швидкість руху повітря 0.7 – 1.0м/с.

Для зменшення теплового випромінювання, яке виділяється в навколишнє середовище гарячими поверхнями обладнання, ці поверхні і трубопроводи покривають шаром ізоляції. При необхідності теплоізоляція своєчасно поновлюється. Для підтримки мікроклімату навколишнього середовища на робочих місцях змонтована припливно – витяжна вентиляція.

Компенсація повітря, яке видаляється через аераційний ліхтар, відбувається через вікна і фільтрацію через нещільності будівельних конструкцій. Всі ці заходи забезпечують підтримання допустимих параметрів повітря в цеху у відповідності з санітарними нормами. Контроль мікроклімату здійснюється службою охорони праці та органами санітарного нагляду.

Загазованість і запиленість повітря

У відділенні в результаті технологічного процесу в повітря робочої зони можуть потрапляти такі речовини:

- NH_3 і сірководень (внаслідок проходження реакцій розкладу на випарній установці);
- H_2S , Na_2CO_3 та HCl (при виварюванні випарки);
- CO і CO_2 (на станції дефекосатурації);
- SO_2 (при сульфитації соку та сиропу);
- Cl_2 (при дезінфекції);
- H_2SO_4 (при регенерації іонообмінних смол);
- формалін (в ДУ, в ємкостях для зберігання сиропу).

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинно перевищувати ГДК для цих речовин, клас безпеки та агрегатний стан шкідливих речовин в повітрі робочої зони наведено в таблиці 10.1.

У повітря робочої зони може потрапляти вапняковий пил, пил активованого вугілля та сірка. ГДК для цих речовин згідно ДН 2.2.5.686-98

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Таблиця 10.1

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан
1	2	3	4
HCl	5,0	2	П
Сода кальцинована	2,0	3	А
CO ₂	0,5	4	П
Cl ₂	1,0	2	П
H ₂ SO ₄	1,0	2	А

Контроль забрудненості повітря здійснюється службою охорони праці та органами санітарного нагляду.

Шум і вібрація

Одним із найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину являється шум. Саме тому основна ціль нормування шуму на робочих місцях – встановлення допустимих рівнів шуму, які при щоденному впливі не можуть викликати суттєвих захворювань організму і не заважають його нормальній трудовій діяльності.

Основними джерелами шуму в сокоочисному відділенні є сірчиста піч, випарні апарати, насоси, двигуни. Допустимий рівень шуму на постійних робочих місцях – 80 дБ.

Вібрація виникає в результаті механічних коливань, які створюються при роботі машин та механізмів із-за нерівномірності роботи обертових частин. Також вібрація може виникати в результаті порушення організаційних питань монтажу обладнання, неправильної конструкції окремих вузлів.

Гігієнічне нормування вібрації передбачає встановлення найбільш допустимих рівнів віброшвидкості в м/с.

Таблиця 10.2

Допустимі рівні вібрації

Назва обладнання	Середньо геометрична частота, Гц	
	8	16
	Нормативні значення коливання швидкості, м/с	
Дискові фільтри	2.2	2.0
Турбогазовушки	3.1	1.2
Вентилятор	1.65	1.10

Захист від шуму будівельно-акустичним методом необхідно проектувати на основі акустичного розрахунку і передбачити для зниження рівня шуму такі заходи:

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

- а) застосування для звукоізоляції огорожувальних конструкцій;
- б) ущільнення по периметру вікон, дверей, воріт;
- в) застосування звукопоглинальних конструкцій та екранів;
- г) застосування глушителів шуму, звукопоглинальних покриттів у газопо-вітряних трактах вентиляційних систем з механічним спонуканням і систем кондиціонування повітря та гідродинамічних установок.

Устаткування, робота якого супроводжується активною вібрацією (турбіни, генератори) необхідно встановлювати на фундаментах, ізольованих від конструкцій будівлі. Контроль шуму і вібрації здійснюється службою охорони праці та органами санітарного нагляду. Рівень шуму та вібрації перевіряється 1 раз на 2 місяці.

Освітлення

Освітлення – один з найважливіших елементів умов праці. Правильно виконана система освітлення відіграє значну роль у зниженні виробничого травматизму, сприяє збільшенню продуктивності та якості праці створює нормальні умови роботи, підвищує загальну працездатність.

Для освітлення виробничих приміщень використовують природне, штучне та комбіноване освітлення.

Природне освітлення здійснюється через світлові отвори в вікнах або через ліхтарі, які знаходяться на покритті виробничих приміщень.

При недостатньому природному освітленні або в темний час доби застосовують штучне освітлення. Воно створюється штучним джерелом світла і розділяється на робоче, аварійне, евакуаційне і охоронне. Освітленість, створена штучним джерелом світла нормується в залежності від характеру зорової роботи, яскравості фону, типу джерела освітлення. При розрахунку загального рівномірного люмінесцентного освітлення розраховують кількість світильників(N):

$$N = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{F \cdot \eta}, \text{ де}$$

E – задана мінімальна освітленість, лк;

K₃ – коефіцієнт запасу;

S – освітлювальна площа, м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

F – світловий потік лампи, лм;

N – кількість ламп у світильнику, шт.;

η – коефіцієнт світлового потоку.

Згідно для розряду зорових робіт штучна освітленість повинна бути E=300 лк, приймаємо люмінесцентні лампи, потужністю P=80Вт, світильники типу ПВЛМ і знаходимо необхідну кількість ламп.

Для розрахунку приймаємо:

$$E=300\text{лк}; K_3=2.0; S_n=40 \cdot 16=640 \text{ м}^2; Z=1.1; F=4320 \text{ лм}; \eta=0.6.$$

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

$$i = a \cdot b / H (a + b)$$

$$i = 40 \cdot 16 / 2.0 (40 + 16) = 5$$

$$N = \frac{E \cdot K_z \cdot S_n \cdot Z}{F \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 2.0 \cdot 640 \cdot 1.1}{4320 \cdot 0.6} = 162$$

Отже кількість ламп рівна 162. В кожному світильнику розміщуються дві люмінесцентні лампи, отже кількість світильників – 81 шт.

Випромінювання

Переважає більшість виробничих процесів на цукрових заводах супроводжується випромінюванням тепла в навколишнє середовище. Сюди включають: теплообмінники, гарячий дефекатор, сатуратори, випарні апарати, які є джерелами інфрачервоного випромінювання. Внаслідок дії випромінювання підвищується температура підлоги, стінок, перегородок приміщення, повітря, а також температура людини. Крім цього дія інфрачервоного випромінювання супроводжується функціональними змінами в організмі людини. Можливі теплові травми у формі опіків, теплових ударів. Тому в сокоочисному відділенні необхідно покращити теплоізоляцію на всіх апаратах та трубопроводах. Температура поверхні апаратів і трубопроводів повинна бути в межах 30÷40 °С.

Висновки за матеріалами аналізу санітарних умов

Безперебійну роботу всіх побутових приміщень і утримання їх у належному вигляді, чистоті і порядку забезпечує адміністрація підприємства. Використання побутових приміщень не за призначенням не припустимо.

Даним проектом передбачається встановлення фільтр – пресів. Встановлення цього обладнання дасть змогу покращити умови праці, так як управління обладнанням проводиться автоматично і не потребує значних зусиль з боку працюючого персоналу. Отже, в результаті проведення модернізації відділення покращаться умови праці, технологічна схема стане більше автоматизованою, що дозволить скоротити кількість ручної праці, зменшиться кількість CO₂ і CO, що будуть потрапляти з викидами в атмосферу, загазованість повітря робочої зони стане меншою.

Рекомендації для покращення охорони праці на підприємстві

З метою створення безпечних умов праці на підприємстві, пропоную:

- підвищити кваліфікацію спеціалістів з охорони праці;
- забезпечити чітку організацію робіт;
- забезпечити дотримання технологічного режиму;
- не допускати до роботи робітників не по спеціальності;
- обов'язково проводити інструктажі з техніки безпеки;
- забезпечити високу трудову дисципліну;
- використовувати колективні та індивідуальні засоби захисту;
- проводити навчання з охорони праці;
- використання заходів по покращенню санітарних умов праці.

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено проєкт технічного переоснащення сокоочисного відділення ТОВ «Краєвид» Згурівського цукрового заводу з метою підвищення ефективності очищення дифузійного соку та покращення технологічних показників виробництва цукру.

У процесі виконання роботи було проаналізовано діяльність підприємства, сировинну базу та особливості технології очищення дифузійного соку. Встановлено, що ефективність сокоочислення значною мірою залежить від якості цукрових буряків, вмісту нецукрів та стабільності технологічних режимів.

Проведений аналіз роботи сокоочисного відділення показав необхідність його модернізації, зокрема підвищення ефективності процесів відстоювання та фільтрування соків.

У роботі запропоновано комплекс заходів з удосконалення сокоочисного відділення, основними з яких є:

- застосування коагулянту (ОСА) під час попереднього вапнування дифузійного соку;
- використання флокулянтів у процесі відділення осаду І сатурації, що забезпечує укрупнення частинок осаду та прискорення процесу відстоювання;
- заміна вакуум-фільтрів на фільтр-преси, що дозволяє зменшити вологість осаду та втрати сахарози;
- використання перліту як допоміжного фільтрувального матеріалу, що покращує якість фільтрату та стабільність процесу фільтрування.

Застосування флокулянтів дозволяє зменшити винос твердої фази з освітленим соком і підвищити ефективність роботи відстійників. Використання коагулянту ОСА сприяє більш повному видаленню нецукрів і підвищенню чистоти соку. Встановлення фільтрпресів забезпечує більш ефективне зневоднення осаду та зменшення втрат сахарози, а застосування перліту покращує фільтраційні властивості осаду.

Виконані технологічні розрахунки підтвердили можливість впровадження запропонованих заходів у виробничих умовах підприємства та визначили основні параметри роботи модернізованого сокоочисного відділення.

У роботі також розглянуто питання контролю якості та безпечності виробництва, енергозбереження, екологічної безпеки та охорони праці.

Отже, реалізація запропонованого комплексу заходів з технічного переоснащення сокоочисного відділення дозволяє підвищити ефективність очищення дифузійного соку, зменшити втрати сахарози, покращити якість напівпродуктів і забезпечити стабільну роботу технологічного обладнання.

					Висновки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Mickiewicz B., Britchenko I. Modern trends of sustainable development in the sugar market // European Research Studies Journal. 2022. Vol. 25, № 3. P. 717–728. DOI: <https://doi.org/10.35808/ersj/3060>
2. Чорна Т., Гусятинська Н. Споживання цукру: світові тренди // Товари і ринки. 2023. № 3 (47). С. 33–52.
3. Ткаченко Н. М., Кравченко І. Й. Цукрова промисловість України: минуле і сучасне; шляхи відновлення галузі // Цукор України. 2014. № 4 (100). С. 24–28.
4. Британська Н. Н., Бойко В. О. Вплив факторів зовнішнього середовища на діяльність підприємств цукрової промисловості // Наукові праці НУХТ. 2015. Т. 21, № 4. С. 81–90.
5. Накемпій О. К. Шляхи підвищення енергоефективності цукрових заводів // Перспективи розвитку цукрової промисловості України : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 27–28 березня 2018 р. Київ : НУХТ, 2018. С. 119–121.
6. Британська Н. Н. Факторний аналіз ефективності виробництва підприємств цукрової промисловості України // Наукові праці НУХТ. 2015. Т. 21, № 6. С. 54–62.
7. ТОВ «Краєвид» (ЗАТ «Згурівський цукровий завод»). Ukrsugar. URL: <http://ukrsugar.com/uk/ecm/factory/view/53>
8. ТОВ «Краєвид» (ЗАТ «Згурівський цукровий завод»). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/sugar-mills/tov-kraevyd-zat-zgurivskiy-cukroviy-zavod>
9. Цукровий буряк vs. цукрова тростина: краща сировина для виробництва цукру та етанолу. Ukrsugar. URL: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/cukrovij-burak-vs-cukrova-trostina-krasa-sirovina-dla-virobnictva-cukru-ta-etanolu-castina-1>
10. Гусятинська Н. А., Тетеріна С. М., Касян І. М., Гусятинський М. В. Аналіз мікробіологічних процесів та способів їх пригнічення при зберіганні цукрових буряків // Харчова промисловість. 2010. Вип. 9. С. 36–39. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/16874/1/2010.pdf>
11. Барига А., Полець Б. Переваги заміни традиційного удобрення цукрових буряків залишками органічних відходів цукроваріння з біогазової станції // Цукор України. 2017. № 4 (136). С. 32–39.
12. Мількевич В. М. Фактори, які впливають на технологічну якість цукрових буряків при їх збиранні // Цукор України. 2018. № 5–6. С. 21–24.
13. Технологія цукру = Sugar technology : підручник : у 3 т. Т. 1 / А. А. Ліпець та ін. ; за ред. В. М. Логвіна, А. І. Українця. Київ : Експрес-об'ява, 2015. 288 с.

					Список джерел посилань	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

14. Пушанко Н. М., Хоменко О. І. Проблеми покращення технологічної якості буряків // Цукор України. 2013. № 6 (90). С. 11–15.
15. Рева Л. П. Кінетика хіміко-технологічних процесів у виробництві цукру : монографія. Київ : НУХТ, 2017. 220 с.
16. Вискребцов В. Б., Пономаренко В. В. Інтенсифікація технологічних процесів в цукровій промисловості на основі ежекційних методів // Харчова наука і технологія. 2011. № 3 (16). С. 87–90.
17. Логвін В. М., Авдієнко С. О. Визначення оптимальних умов проведення прогресивного попереднього вапнування // Цукор України. 2011. № 5. С. 40–44.
18. Рева Л. П. та ін. Дослідження ефективності очищення дифузійного соку з поверненням осаду CaCO_3 // Цукор України. 2011. № 9–10. С. 23–27.
19. Логвін В. М. та ін. Барвні речовини в очистці соку карбонатом кальцію // Цукор України. 2014. № 11 (107). С. 27–31.
20. Технологія цукру = Sugar technology : підручник : у 3 т. Т. 2 / А. А. Ліпец та ін. ; за ред. В. М. Логвіна, А. І. Українця. Київ : Експрес-об'ява, 2015. 272 с.
21. Рева Л. П., Петруша О. О. Ефективність різних варіантів проведення переддефекації дифузійного соку // Цукор України. 2011. № 8. С. 13–17.
22. Логвін В. М., Авдієнко С. О. Шляхи підвищення ефективності прогресивного попереднього вапнування // Наукові праці НУХТ. № 37–38. С. 190–193.
23. Рева Л. П. та ін. Створення фізичної моделі вертикального протитечійного переддефекатора // Наукові праці НУХТ. 2011. № 37. С. 110–124.
24. Рева Л. П. та ін. Гідродинамічна структура потоків при проведенні попередньої дефекації дифузійного соку // Цукор України. 2011. № 6–7. С. 28–35.
25. Гусятинська Н. А. та ін. Ефективність застосування додаткових хімічних реагентів під час попереднього вапнування // Наукові праці НУХТ. 2011. № 37. С. 62–67.
26. Братюк Д. В. Удосконалення технології очищення дифузійного соку із застосуванням додаткових хімічних реагентів: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2013.
27. Хоменко М. Д. Сучасні схеми та обладнання для переробки цукрових буряків : навч. посіб. Київ : Сталь, 2006.
28. Тонкошарові відстійники, згущувачі. URL: https://www.ecomass.com.ua/product_tax/tonkosharovi-vidstijniki-zgushhuvachi/
29. Флокулянти Praestol. URL: <https://serviceok.com.ua/menyu/chemistry/flokulyanty/>
30. Цирульнікова В. В., Оляньська С. П. Використання вискоефективних флокулянтів // Харчова промисловість. 2010. № 9. С. 27–32.

					Список джерел посилань	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

31. Процеси і апарати харчових виробництв : навч. посіб. / І. Ф. Малежик та ін. Київ : НУХТ, 2015. 386 с.
32. Технологічне обладнання харчових виробництв : навч. посіб. / В. І. Теличкун та ін. Київ : Сталь, 2023. 634 с.
33. Златковський О. А. Застосування фільтр-пресів типу ЧМ на цукрових заводах України. 2013. С. 105–107.
34. Степова Н. Г. та ін. Моделювання механічного зневоднення осаду на фільтрпресі // Екологічна безпека та природокористування. 2014. Вип. 15. С. 80–89.
35. Що таке фільтр-прес? URL: <https://internationalprocessplants.com/uk/what-is-a-filter-press-efficient-liquid-solid-separation-technology/>
36. Гусятинська Н. А. та ін. Дослідження застосування цеоліту для очищення дифузійного соку // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2018. № 5/11. С. 6–13.
37. Abdel-Rahman S. Investigations on the influence of dextran during beet sugar production : dissertation. Berlin, 2007.
38. Гусятинська Н. А., Нечипор Т. М. Ефективність сучасних дезінфектантів // Наукові праці НУХТ. 2017. Т. 23, № 6. С. 199–206.
39. Гусятинська Н. А., Нечипор Т. М. Технологічні аспекти перероблення буряків, уражених слизистим бактеріозом // Цукор України. 2016. № 11–12. С. 41–47.
40. Гусятинська Н. А., Нечипор Т. М. Ефективність застосування озонування та адсорбційного очищення цеолітом // Цукор України. 2017. № 2. С. 42–46.
41. Husiatynska N. et al. Research into application of zeolite for purification of diffusion juice in sugar production // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 5/11. P. 6–13.
42. ДБН В.2.2-43:2021. Складські будівлі. Основні положення.
43. Щербінін Л. Г. та ін. Проектування будівельних генеральних планів : навч. посіб. Полтава, 2016.
44. Мирончук В. Г. та ін. Вибір та розрахунок обладнання цукробурякових заводів. Київ, 1999.
45. Амоа-Авуа W. K. et al. The effect of applying GMP and HACCP... // Food Control. 2007. Vol. 18. P. 1449–1457.
46. Aulia A., Handoko F. The application of HACCP in Food Production Department // Jurnal Sosial Humaniora Terapan. 2020.
47. Брикова Т. Система HACCP при виробництві напівфабрикатів // Товари і ринки. 2024. № 2. С. 93–109.

48. Чорна Т. М., Гусятинська Н. А. Аналіз нормативних документів ЄС щодо якості та безпечності цукрів // Наукові праці НУХТ. 2022. Т. 28, № 3. С. 154–176.
49. Терлецька В. А. та ін. Дослідження системи безпеки харчових продуктів на основі принципів НАССР // Наукові праці ОНАХТ. 2007.
50. Стеблюк М. І. Цивільна оборона : підручник. Київ : Знання, 2006.
51. Гусятинська Н. А. та ін. Запобігання виникнення надзвичайних ситуацій на підприємствах цукрової галузі // Цукор України. 2015. № 8.

					Список джерел посилань	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88