

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)

В.о. завідувача кафедри ТЦ і ПВ

Інна КАРПОВИЧ

“ 07 ” квітня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Стороженка Іллі Федоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект технічного переоснащення сокоочисного відділення ТОВ «Цукорагропром» Жданівський цукровий завод з метою підвищення ефекту очищення дифузійного соку (Вінницька обл.)

керівник роботи Крапивницька Ірина Олексіївна, доцент,
кандидат технічних наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 07.04.2025 року № 212-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 2 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи продуктивність 4000 т буряків/добу,
технологічна схема сокоочисного відділення, тривалість роботи заводу 95 діб

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ.

Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування

прийнятих заходів з технічного переоснащення відділення. 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 HACCP. 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. Загальні висновки. Список джерел

посилання.

5. Перелік графічного матеріалу апаратурно-технологічна схема сокоочисного

відділення, план першого та другого поверхів, розріз 1-1

АНОТАЦІЯ

Записка містить: 76 с.; 17 таблиць.

Для вирішення поставленої мети (покращення якості очищеного дифузійного соку) в дипломному проекті передбачається:

1. Встановлення вдосконалених фільтр-пресів КФ-1200. Це забезпечить розрідження соку перед випарною установкою, практично усуне витрати води на змив осаду, знизить втрати сахарози.
2. Додавання флокулянта PRAESTOL 2540. Завдяки формуванню щільних флокул це дозволить зекономити фільтраційну тканину, підвищити ефект очищення соку і знизити вміст солей кальцію та забарвленість соку II карбонізації.
3. Модернізована двоступенева перша карбонізація з внутрішньою циркуляцією в апаратах "1А" й "1Б". Така схема прискорює седиментацію, знижує фільтраційний та підвищує використання CO₂, що підвищує чистоту соку і вихід цукру на 0,30 %.
4. Повернення згущеної суспензії соку I сатурації в технологічний цикл. Це підвищує ефект очищення і зменшує обсяги рециркуляційних повернень.
5. Проведення двоетапної дефекозатурації з частковою карбонізацією соку II ступеня. Поєднання дефекації з частковим насиченням CO₂ забезпечує максимально повне видалення нецукрів і мінімізацію непрямих втрат цукру.

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

ANNOTATION

The thesis comprises 76 pages and 17 tables.

To achieve the stated objective—improving the quality of purified diffusion juice—the diploma project provides for:

1. Installation of advanced KF-1200 filter presses. This measure will reduce juice dilution before the evaporation unit, virtually eliminate wash-water consumption, and decrease sucrose losses.
2. Addition of flocculant PRAESTOL 2540. By promoting the formation of dense flocs, this step will save filter cloth, enhance juice purification, and lower the content of calcium salts and coloration in the second carbonation stage.
3. Modernized two-stage primary carbonation with internal circulation in “1A” and “1B” units. The improved design accelerates sedimentation, reduces the filtration coefficient, and increases CO₂ utilization, thereby raising juice purity and boosting sugar yield by approximately 0.30 %.
4. Return of the thickened first-saturation juice suspension to the process cycle. Recycling this suspension increases overall purification efficiency and decreases the volume of recirculated returns.
5. Two-stage defeco-saturation with partial carbonation of the second-stage juice. Combining defecation with partial CO₂ saturation ensures maximal removal of non-sugars and minimizes indirect sugar losses.

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

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ЗАХОДІВ З ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ	9
1.1 Структура підприємства, опис відділення, що підлягає технічному переоснащенню чи реконструкції.	9
1.2. Опис технологічної схеми та аналіз роботи відділення до технічного переоснащення.....	10
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ.....	13
2.1. Аналіз сучасних способів підвищення ефективності роботи сокоочисного відділення.	13
2.3. Опис удосконаленої апаратурно-технологічної схеми сокоочисного відділення.	30
РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	33
3.1 Характеристика основної сировини	33
3.2 Характеристика допоміжних матеріалів.....	33
3.3 Характеристики цукру.	35
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	39
4.1. Вихідні дані до технологічних розрахунків	39
4.2 Продуктовий розрахунок.....	42
4.3.Розрахунок витрат допоміжних та пакувальних матеріалів	50
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ПЛОЩ ПРИМІЩЕНЬ	53
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ	55
6.1 Специфікація обладнання.....	57
РОЗДІЛ 7. КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ISO 9000 ТА НАССР	59
7.1 Основи управління безпекою харчової продукції НАССР.....	59
7.2 Основи сист. управління якістю. Метрологічне забезпечення та технохімічний контроль виробництва.	61

					Проект технічного переоснащення сокоочисного відділення ТОВ «Цукорагропром» Жданівський цукровий завод з метою підвищення ефекту очищення дифузійного соку (Вінницька обл.)			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Стороженко І.Ф.					5	76
Перевір.		Крапивницька І.О.						
Консультант								
Н. Контр.								
Затверд.		Карпович І.В.			ЦВ-4-11			

РОЗДІЛ 8. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА ТА ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ	64
РОЗДІЛ 9. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	67
РОЗДІЛ 10. ЗАХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ	69
10.1 Організація служби охорони праці.....	69
10.2 Мікроклімат	69
10.3 Склад повітря.....	70
10.4 Шум і вібрація	70
10.5 Рівень освітленості	71
10.6 Електро- та пожежна безпека.....	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	74

					ЗМІСТ	6
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

(вапняного молока, CO₂) і зниження втрат сахарози в осаді через вдосконалення апаратурного оформлення.

Впровадження автоматизованих систем управління — розробка та впровадження локальних систем контролю й управління технологічними процесами, що забезпечить стабільність і оперативне регулювання параметрів у реальному часі.

Енерго- та ресурсозбереження — створення енергозберігаючих технологічних схем, використання нових видів енергії та розробка обладнання з високою ефективністю.

З огляду на вищезазначене, актуальним є питання удосконалення технологічних процесів виробництва цукру, які сприятимуть підвищенню якості кінцевої продукції, зниженню собівартості і зміцненню економічної стійкості галузі. Саме цього прагне вирішити дана дипломна робота.

					ВСТУП	
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ЗАХОДІВ З ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ

Філія «Жданівський цукровий завод» знаходиться у с. Війтівці Хмельницького району Вінницької області. Цей завод переробляє 4 тис. т. буряків/добу.

Теплом та електроенергією завод забезпечується від власної ТЕЦ, обладнаною 3-ма паровими котлами та 2-ма турбогенераторами потужністю 6000 кВт. кожний.

Основні види продукції, яка випускається заводом – цукор – пісок. Відходами виробництва є меляса та сирий жом.

Будівництво заводу розпочато в 1852 р.

Разом із заводом виросло робітниче селище. Село Війтівці – адміністративний центр Війтivecької ОТГ. До складу ОТГ входять також села Качанівка, Терешпіль, Мар'янівка, Сулківка, Дібрівка, Ольгине, Лісогірка, Червона Володимирівка, Семки, Нова Сулківка, Торчин, Держанівка, Софіївка, Українське. Територія громади 252,24 км². Населення 6459 осіб.

У 2003 р. завод увійшов до структури агропромхолдинга «Астарт-Київ». Було проведено його реконструкцію та замінену обладнання станції вапнокарбонізації (2006 р.), мийного відділення (2007 р.), встановлено вакуум апарати першої кристалізації з циркуляторами (2008 р.), здійснено заміну станції фільтрації соку першої карбонізації та ошпарювача в дифузійному відділенні (2010 р.), впроваджено трьохкристалізаційну схему з встановленням центрифуг безперервної дії (2012-2013 рр.), проведена реконструкція сушильного відділення (2017 р.), побудоване нове жомопресове відділення та замінено четвертий корпус випарної установки (2018 р.). Завдяки впровадженню цих заходів Жданівський цукровий завод вийшов на новий рівень виробництва і на сьогоднішній день потужність підприємства становить 4000 тонн переробки буряків на добу.

Розпочато виробництво сахарози для шампанського та рафінованого цукру-піску. Підприємство вийшло на новий рівень виробництва цукру згідно світових стандартів якості.

Цукровий завод сертифікований по міжнародним стандартам: ISO 9001:2015; ISO 14001:2015; FSSC 22000 v.4.1. [1]

На підприємстві виробляється цукор білий упакований в поліпропіленові мішки по 50 кг, з 2015 року весь випущений цукор 1 категорії з кольоровістю до 45 ICUMSA, який поставляється на внутрішній та зовнішні ринки. Побічна продукція-меляса бурякова і жом свіжий. [2, 3]

1.1 Структура підприємства, опис відділення, що підлягає технічному переоснащенню чи реконструкції.

Структура Жданівського цукрового заводу включає такі підрозділи:

					РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ЗАХОДІВ З ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ	Арк
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Обслуговуюче виробництво
- Склади сировини
- Склади готової продукції
- Склади матеріалів
- Побічне виробництво
- Цех сушіння жому
- Основне виробництво
- Бурякопереробне відділення
- Сокоочисне відділення
- Продуктове (кристалізаційне) відділення
- Вапняне відділення
- Заводська лабораторія
- Допоміжне виробництво
- ТЕЦ та електроцех
- Служба КВП та автоматів
- Вапняково-випалювальна ділянка
- Бурякопункт і лабораторія
- Ремонтно-будівельний підрозділ
- Водне господарство

Підприємство складається з чотирьох основних напрямків. Обслуговуюче виробництво включає склади сировини, готової продукції та допоміжних матеріалів, необхідні для всіх операцій. Побічне виробництво представлено цехом сушіння бурякового жому, де з відпрацьованої стружки отримують кормову продукцію. Основне виробництво охоплює бурякопереробне відділення (приймання, миття, подрібнення, екстрагування соку), сокоочисну ділянку (вапнування, карбонізація, фільтрація, сульфитація, випарювання), кристалізаційне відділення (уварювання, центрифугування, сушіння, пакування цукру), а також вапняне відділення і заводську лабораторію. Допоміжне виробництво забезпечує технічну підтримку: теплоелектроцентраль, електроцех, служба КВП, вапняково-випалювальна ділянка, бурякопункт із лабораторією сировини, ремонтно-будівельний підрозділ і водне господарство.

1.2. Опис технологічної схеми та аналіз роботи відділення до технічного переоснащення.

Існуюча технологічна схема очищення дифузійного соку складається з кількох послідовних агрегатів:

Апарат попередньої дефекації

У ньому здійснюється обробка водним розчином вапна з поетапним збільшенням лужності по шести камерам. До першої камери надходить дифузійний сік разом із суспензією соку II сатурації із відстійника, а в шосту камеру подається свіже вапнякове молоко. Крім того, у цей апарат повертається частина нефільтрованого соку I сатурації та суспензія соку I сатурації для посилення коагуляції.

					РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ЗАХОДІВ З ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ	Арк
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Холодна дефекація

Після переливу з попереднього дефекатора сік спрямовується у змішувач, де додається вапнякове молоко. Далі суміш надходить у холодний дефекатор, де при температурі близько 40–50 °С відбувається осадження частинок.

Гаряча дефекація

Сік з холодного дефекатора насосами через підігрівачі подається в котел гарячої дефекації (85–87 °С). Тут завершуються реакції коагуляції та утворюється щільний осад CaCO_3 із домішками.

Апаратура I сатурації

Дефекований сік самопливом переходить у карбонізатор «А»-котел, де обробляється CO_2 . Після I сатурації сік розділяють: частину (60 %) насосом повертають на переддефекацію, решту подають на фільтрацію.

Фільтрація соку I сатурації

Спочатку неочищений сік потрапляє на фільтри, де відокремлюється прозорий фільтрат і згущена суспензія.

Згущена суспензія збирається у спеціальний збірник і надходить у вакуум-фільтри БШУ-40-3-10 (3 шт. по 40 м² кожен). Осад, збагачений сахарозою, викачується у зону сушіння, а фільтрат із промивними водами накопичується в збірнику освітленого соку. Звідти насосами він подається на гашення залишкового вапна, а потім перетікає у збірник фільтрованого соку.

Дефекація перед II сатурацією

Частина фільтрованого соку I сатурації насосом через підігрівачі подається у апарат дефекації перед II сатурацією. Високолушний сік із першого етапу карбонізації (через форсунки) змішується з дефекованим соком, де відбувається додаткове осадження.

Апаратура II сатурації

Оброблений у дефекаторі сік самопливом переходить у II сатуратор типу II С-3, де в циркуляційній трубі та просторі барботера здійснюється остаточна карбонізація. Після цього насосами сік подають на відстійник, де осад відокремлюється через спеціальні стакани, а очищений сік збирається у накопичувач і подається на дискові фільтри ДФ-80.

Сульфітація соку

Відфільтрований сік насосами подається у сульфітатор для обробки сірчанним газом (SO_2). Після досягнення необхідного рН сульфітований продукт переходить у збірник перед випарною станцією.

Очищення соків та сиропу

Сік I сатурації фільтрують у два етапи:

На фільтрах відділяють основний фільтрат та згущену суспензію. Суспензію втягують у вакуум-фільтри БШУ-40-3-10 (3 шт. із загальною площею 120 м²) для інтенсивнішого згущення. Сік II сатурації очищають на відстійниках та потім на дискових фільтрах ДФ-80, що забезпечує достатню прозорість перед сульфітацією.

					РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ЗАХОДІВ З ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Сироп із клеровкою (62–65 % сухих речовин) фільтрують на дискових фільтрах ДФ-150 (7 шт.). Перед фільтрацією його піддають сульфитації: обробляють SO₂ для зниження забарвленості (відновлення пігментів до безбарвної форми), зменшення лужності та в'язкості.

Висновок

В процесі оцінки технічного стану сокоочисного відділення Жданівського цукрового заводу знайдено такі недоліки: перед випарюванням сік має низьку якість, а під час першої карбонізації активно утворюється піна. Це призводить до збільшених витрат вапнякового молока та енергії, а також погіршує фільтраційну здатність осаду з обох етапів карбонізації. У дипломній роботі запропоновано оновити обладнання відділення для покращення очищення дифузійного соку. Для цього передбачається замінити застарілі агрегати або провести їх модернізацію.

					РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ЗАХОДІВ З ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ

2.1. Аналіз сучасних способів підвищення ефективності роботи сокоочисного відділення.

Існує чимало схем очистки дифузійного соку, що дозволяють підвищити вихід і якість цукру та скоротити споживання допоміжних матеріалів. Поточна технологія сокоочищення на Жданівському заводі не забезпечує необхідного рівня очищення. Тому в дипломній роботі пропонується впровадити оновлену схему очистки соку шляхом заміни та удосконалення старого обладнання. [5, 6]

Зараз вимоги до якості цукру підвищуються, а витрати на паливо й допоміжні матеріали значно ростуть. Це слід брати до уваги під час модернізації процесу очищення дифузійного соку, щоб знизити втрати сахарози, поліпшити фільтраційні характеристики соку й досягти високої якості кінцевого продукту.[10]

Щоб зробити очистку дифузійного соку ефективнішою, можна активізувати вапнякове молоко. Тоді при попередньому вапнуванні відбуватиметься повніше згортання колоїдних часток, що покращить фільтрацію соку першої карбонізації та загалом посилить очищення.[11]

УкрНДІЦП запропонував метод підвищення активності вапна через гідродинамічну кавітацію вапняної суспензії, але складність управління процесом обмежила його застосування. У НУХТ експериментували з активацією суспензії використанням пароконденсаційної кавітації: подавання пару безпосередньо в потік вапнякової суспензії підвищувало її реакційну здатність. Окрім того, досліджували застосування електрохімічного активатора на основі NaCl під час гашення вапна, що сприяє кращій розчинності речовин і їх дисоціації. Також було випробувано використання електрогідралічного впливу для посилення активності $\text{Ca}(\text{OH})_2$, що покращувало взаємодію з нецукровими домішками дифузійного соку.[12,13]

Якість механічно зібраних буряків вимагає постійного вдосконалення процесу очищення дифузійного соку. Якщо буряки мають належну якість, переддефекацію роблять оптимально: до соку відразу додають весь обсяг вапнякового молока, необхідного для досягнення $\text{pH} = 11$, і витримують цю лужність протягом усіх 10–15 хв попередньої дефекації. Дефекацію можуть здійснювати за трьома температурними режимами:

- холодна (40–50 °C),
- тепла (50–60 °C)
- гаряча (>60 °C).

Залежно від способу введення реагенту переддефекація поділяється на три види: при простій оптимальній — весь вапняк додають одразу, при прогресивній — pH соку поступово підвищують до оптимального, а при

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

прогресивно-протитечійній — вапняк вносять лише в останню зону секційного переддефекатора.[7,8]

Розроблено метод інтенсивного використання карбонізаційного газу в замкненому контурі після початкового вапнування до рН 8,0–8,5. Це покращує властивості осаду, зокрема його седиментацію й фільтрацію, та підвищує чистоту соку другої карбонізації на 0,4–0,8 %.

Досліди показали: аби уникнути розчинення коагуляту, на етапі попереднього вапнування слід повертати не сік першої карбонізації, а згущену суспензію з другого етапу. У ній міститься значно менше нецукрів, що знижує непомічені втрати сахарози.[9]

Попередня дефекація

Мета процедури — видалення аніонів кислот через їх зв'язування з іонами Ca^{2+} у вигляді малорозчинних сполук, а також коагуляцію високомолекулярних забруднень (білків і пектинових речовин), щоб у соку першої карбонізації сформувався осад з покращеними седиментаційними та фільтраційними характеристиками.[14]

Механічно зібрані буряки потребують удосконаленої очистки дифузійного соку. Для сировини високої якості застосовують оптимальне переддефекаційне оброблення: увесь обсяг вапна вноситься одразу, піднімаючи рН до 11, і підтримується протягом 10–15 хв у переддефекаторі. Дефекацію виконують за трьома температурними режимами: холодним (40–50 °С), теплим (50–60 °С) або гарячим (> 60 °С). Залежно від методики введення вапна переддефекацію класифікують як:

- однодозову (вся кількість реагенту додається відразу),
- прогресивну (рН ставлять поступово до необхідного рівня),
- прогресивно-протитечійну (вапно вносять лише у фінальній зоні секційного переддефекатора).

У цукровій галузі розроблено різні методики попередньої підготовки дифузійного соку до вапнування, що передбачають коагуляцію колоїдів і додаткове видалення нецукрів адсорбцією. Зокрема, застосовують пароконденсаційну кавітацію, активовану суспензію соку другої карбонізації, природні дисперсні матеріали та інші.[15]

Запропоновано метод введення CO_2 у рециркуляційний контур після початкового вапнування до рН 8,0–8,5. Це покращує седиментаційні та фільтраційні властивості осаду, і чистота соку другої карбонізації зростає на 0,4–0,8 %. Удосконалена схема перерозподілу потоків наведена на рис. 2.1.[7]

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

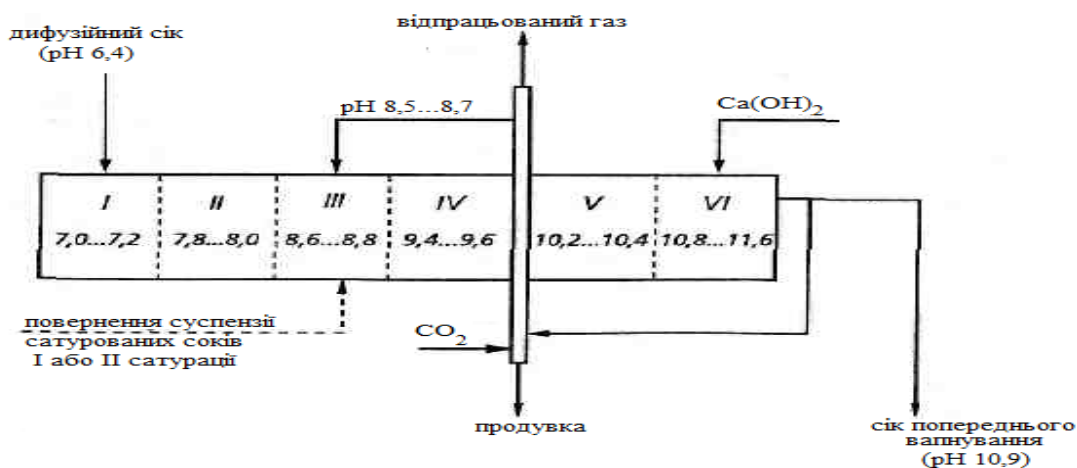


Рисунок 2.1 – Покращена технологія попередньої обробки дифузійного соку вапняним молоком

Досліди виявили, що для запобігання розчиненню коагуляту до вапнування слід повертати не сік першої карбонізації, а згущену суспензію соку другої карбонізації, яка має значно менше нецукрів. Це зменшує невраховані втрати сахарози.[9]

Якщо у фінальну камеру переддефекації подавати частково карбонізований сік із рівнем карбонізації 30–40 %, то це дає змогу повернути на переддефекацію 8–10 % суспензії з II сатурації та 40 % частково карбонізованого соку I сатурації. У результаті загальний рівень очищення соку підвищується на 2,7 %. Для практичної реалізації цього підходу необхідне двокотлове обладнання першої сатурації.[9]

Науковці запропонували такі варіанти обробки пару для очищення дифузійного соку [21,22]:

1. Одночасне введення пари та суспензії соку II сатурації. Для цього розроблено спеціальний пристрій (рис. 2.1), який рівномірно подає пару разом із суспензією у потік дифузійного соку. Це дозволяє збільшити швидкість фільтрування соку після I сатурації, знизити вміст іонів Ca^{2+} у очищеному соку та зменшити витрату вапна на 0,1 % CaO від маси буряків.

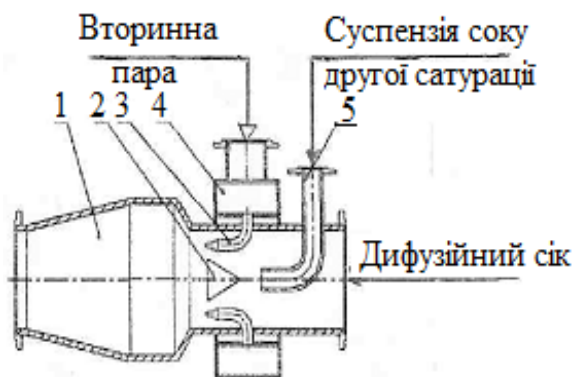


Рисунок 2.2 Пристрій для оброблення дифузійного соку парою

- 1 – реакційна камера;
- 2 – розподільник суспензіїсоку другої карбонізації;

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	15

- 3 – сопло;
- 4 – парова камера;
- 5 – трубопровід підведення суспензії.

2. Подача пару разом із активованою (глибоко карбонізованою) суспензією соку II сатурації. Після активації частинок суспензії вапняковим молоком відбувається їх перезарядка, що призводить до появи в розчині іонів Ca^{2+} та CaOH^+ . Завдяки цьому формуються більші агрегати частинок із коагулятом. Найкращої віддачі досягають, якщо карбонізувати суспензію до рН 7,5–8,0, оскільки це нейтралізує негативний заряд частинок CaCO_3 і підвищує їхню здатність до адсорбції без додаткової гідратації. Така активація дозволяє підвищити чистоту соку II сатурації на 0,6–1,1 %.

У НУХТ [16] запропоновано схему попереднього очищення соку, що передбачає одночасну дію відкритого пару та вапнякового молока. Дифузійний сік після підігрівачів спрямовують у пароструминний переддефекатор, куди подають вапнякове молоко в дозі 0,015–0,020 % CaO до маси буряків разом із відкритим паром. Після цього змішаний потік надходить у апарат переддефекації, куди додають 70–80 % соку I сатурації. Далі очищення продовжують за стандартною технологічною схемою. Встановлено, що описаний підхід значно покращує седиментаційні властивості осаду та підвищує якість очищеного соку. Подальші дослідження спрямовані на одночасну обробку дифузійного соку паром різного тиску і згущеною суспензією соку II сатурації [17–18].

Виявлено, що найкращих результатів досягають, коли пар подається під тиском 0,20–0,24 МПа (пара першого корпусу випарної установки). Розроблено схему одночасного впливу вторинної пари із II або III корпусу ВУ та суспензії соку II сатурації до переддефекації. Це призводить до збільшення швидкості седиментації в переддефєкованому соку, прискорює фільтрування соку I сатурації, знижує вміст солей кальцію в очищеному соку на 18 % та зменшує витрати вапна на 0,2 % CaO до маси буряків. Оригінальний спосіб [16] модернізували, додавши до пари та вапнякового молока флокулянт для інтенсифікації агрегації коагульованих частинок під час їх осадження [17–18].

Концепцію поступової переддефекації вперше виклали Дедек і Вашатек у 1930-х роках. Згідно з нею, при поетапному внесенні вапнякового молока колоїдні частинки втрачають гідрофільний шар, втрачають заряд і формують щільний, стійкий до сильної лужності осад. Утворений осад білкових речовин практично не розчиняється в умовах основної дефекації. На відміну від миттєвої дефекації за Шпенглером (коли всі дози вапна вводять за кілька десятків секунд), метод Дедека–Вашатека передбачає додавання вапна невеликими порціями так, щоб рН соку поступово зростало до оптимального рівня протягом 10–20 хв. Основна слабка сторона цього підходу — ймовірність локальних перегрівів у місцях введення реагенту уздовж довжини апарата.[11]

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Н.М. Пушанко, Л.М. Хомічак і О.В. Тернавська [19] показали, що якщо перед основною дефекацією додатково обробляти сік хлорним вапном в суміші з сирим дифузійним соком, утворюється коагулят, який краще витримує високу лужність і температуру в процесі гарячої дефекації.

Огляд вітчизняних і зарубіжних досліджень свідчить: існуючі методи очищення соку з використанням вапна та CO_2 дають не більше ніж 40 % ефекту. Тому слід віднайти нові, більш дієві підходи до очищення цукрових розчинів.

Поглиблена очистка дифузійного соку від нецукрів можлива через створення оптимальних умов для коагуляції й осадження на ранніх стадіях. Це сприяє утворенню щільнішого осаду, який менше руйнується під час гарячої дефекації.

Отже, ключовим чинником підвищення ефективності очистки дифузійного соку є саме попереднє очищення — коагуляція та видалення нецукрів.

В.А. Лосева [20] провела дослідження щодо нових методик очищення, які передбачають коагуляцію високомолекулярних сполук до переддефекації. Щоб утворити компактний осад із поліпшеними властивостями, запропоновано кілька підходів: додавання 1н розчину сірчаної кислоти або катіоніту КУ-2 у Н-формі; застосування сульфатації чи сатурації CO_2 ; вплив гострої пари; введення певних солей або фільтрувальних порошків; а також поєднання флокулянта з дефекосатурацією. Усі ці способи дозволяють не забирати з коагуляту осад, який виходить дуже міцним і мало розчиняється під час подальшого очищення. Крім того, фільтраційно-седиментаційні властивості соку значно покращуються, а чистота соку II сатурації збільшується на 0,8–0,9 %.

Існує метод попередньої обробки дифузійного соку термоактивованим глауконітом у кількості 0,3 % від маси соку протягом 10 хвилин. Це дозволяє знизити забарвленість, зменшити вміст солей кальцію та підвищити чистоту соку на 0,7 %.

За пропозицією професорки Оляньської С. П., передвапнокарбонізацію виконують із додаванням флокулянту «КРОСС-5» у концентрації $4 \cdot 10^{-4}$ – $5 \cdot 10^{-4}$ % від маси соку, а потім видаляють осад до основного вапнування. Така обробка покращує седиментаційні та фільтраційні властивості осаду при II сатурації і знижує вміст іонів кальцію та барвників, що підвищує чистоту очищеного соку.

Прогресивну переддефекацію можна реалізувати у розроблених УДУХТ вертикальних секційних апаратах. За схемою Л. П. Реви та В. В. Пишняка [23, 24] це апарат типу «Брігель-Мюллер», у якому сік подають у нижню секцію та пропускають крізь перегородки зі зигзагоподібними отворами, що подовжує його перебування. В останню, шосту, секцію підводять вапняне молоко для підтримання рН 11,0–11,3. При відкриванні заслінок частина рідини через турбінку повертається з шостої у п'яту секцію, де змішується з менш лужним потоком із четвертої, що знижує рН

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

у п'ятій секції. Завдяки цьому протитечійному поверненню забезпечується поступове нарощування лужності знизу вгору. Такий підхід сприяє утворенню щільних конгломератів із малим ступенем гідратації, покращує седиментаційні та фільтраційні властивості соку I сатурації, підвищуючи ефект очищення на 3,8–5 % та зменшуючи вміст кальцієвих солей на 0,09 %.

Основна дефекація

Мета процесу - полягає у отриманні термостійкого освітленого соку, який здатен витримувати високі температури в перших корпусах випарної установки без істотного збільшення кольоровості, зниження рН, розщеплення сахарози чи зростання рівня інверту.

Термостійкість соку визначається як здатність під час очищення та особливо при подальшому випарюванні за підвищених температур зберігати практично незмінними основні технологічні показники (рН, кольоровість, вміст розчинного залишку).

Основне вапнування може проводитися трьома способами:

- холодним (40–50 °С протягом 40–50 хв)
- гарячим (80–90 °С протягом 10–12 хв)
- комбінованим (двоступеневим)

У комбінованому варіанті перша стадія (холодне вапнування) триває 7–8 хв, після чого починається друга стадія (гаряче вапнування) упродовж 10 хв. Оскільки після попереднього вапнування сік має температуру близько 60–63 °С, двоступеневе основне вапнування фактично складається із теплового ступеня (60–63 °С) тривалістю 5–6 хв і гарячого (80–90 °С) 10 хв. Саме 5–6 хв на теплому етапі достатньо, щоб наситити сік $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Проте при теплій температурі розчинність $\text{Ca}(\text{OH})_2$ менша, ніж за холодної, тому концентрація вапна у соку знижується, що спричиняє збільшення кількості нецукрів (аніонів кислот і барвників). [25]

У комбінованому варіанті перша стадія (холодне вапнування) триває 7–8 хв, після чого починається друга стадія (гаряче вапнування) упродовж 10 хв. Оскільки після попереднього вапнування сік має температуру близько 60–63 °С, двоступеневе основне вапнування фактично складається із теплового ступеня (60–63 °С) тривалістю 5–6 хв і гарячого (80–90 °С) 10 хв. Саме 5–6 хв на теплому етапі достатньо, щоб наситити сік $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Проте при теплій температурі розчинність $\text{Ca}(\text{OH})_2$ менша, ніж за холодної, тому концентрація вапна у соку знижується, що спричиняє збільшення кількості нецукрів (аніонів кислот і барвників).

При використанні буряків низької якості доцільно застосовувати двоступеневий підхід: спочатку тривале холодне вапнування (понад 30 хв при 40–50 °С), а потім коротке гаряче (10 хв при 80–90 °С). Під час зтяжного холодного етапу великі фракції нерозчинних речовин руйнуються із мінімальним утворенням барвників, адже розчинність $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у цей період максимальна. Далі при нагріванні й короткій гарячій дефекації вапно осаджується поступово, і лужність соку змінюється мало. У

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

гарячих умовах швидко розкладаються нерозчинні сполуки й аміді, проте одночасно може йти розпад сахарози, пептизація та гідроліз осаджених раніше домішок, тому гарячий етап слід робити максимально стислим.

Для основної дефекації зазвичай використовують апарат Ш1-ПДХ, іноді — дефекатори типу ОД. Апарат Ш1-ПДХ (для холодного ступеня) має циліндричний корпус із плоским дном та механічний мішалку, на валу якої жорстко закріплені дві взаємно перпендикулярні лопаті. Тривалість процесу регулюється автоматично в широкому діапазоні. Випробування показали, що під час подачі соку в цей дефекатор забезпечується інтенсивне окиснення поліфенолів при низькій температурі без рециркуляції, що сприяє повному контакту $\text{Ca}(\text{OH})_2$ із соком. Завдяки аерації й оптимальному часу холодної дефекації отримують менше забарвлені та більш термостійкі проміжні продукти, покращується очищення соку і зменшуються витрати вапна приблизно на 0,5 %.[26]

У типовому обладнанні для основного вапнування змішування соку та вапняного молока відбувається нерівномірно. Це створює ділянки із застійними зонами, де сік затримується довше і осад пептизується, а також сповільнюються реакції розпаду редуруючих речовин і амідів.

Щоб цього уникнути, у дефекаторах слід підтримувати такий гідродинамічний режим, коли сік постійно переміщується й рухається із наближеним до витіснення потоком, тобто весь об'єм контактів має однаковий час перебування в апараті. Для цього в дефекаторах типу ОД застосовано секціонування. У такому апараті сік надходить спочатку в нижню секцію, а потім піднімається через наступні камери, де його постійно перемішують лопатеві мішалки. Це не дозволяє твердим частинкам осідати й усуває застійні ділянки [26].

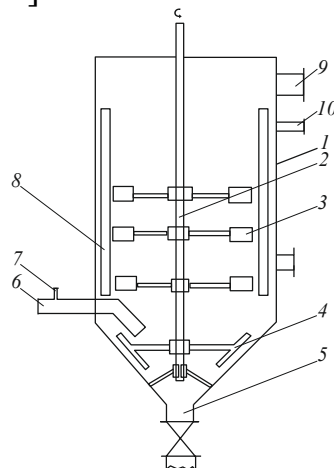


Рисунок 2.3 – Апарат основного вапнування соку типу ОД [15]:

1 – корпус, 2 – вал, 3 – лопаті мішалки, 4 – мішалка, 5 – патрубок для видалення піску, 6 – патрубок для підведення дифузійного соку, 7 – патрубок для підведення вапняного молока, 8 – контрлопаті, 9 – короб для відведення піни, 10 – патрубок для відведення соку після основного вапнування.

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	19

За даними [27], у процесі основної дефекації слід акцентувати увагу не лише на швидкому розкладанні нецукрів, а й на зменшенні шкідливих явищ: руйнування сахарози та пептизації осаду при високих температурах і лужності. Ці негативні ефекти знижуються, якщо збільшується розчинність вапна й у розчині утворюється більше сахаринових кислот, а не молочної кислоти [9]. Отже, для того щоб при підвищеній температурі вапно розчинялося краще, потрібно створити умови, за яких утворюються більш розчинні кальцієві сполуки. Відомо, що реакції конденсації й утворення пігментів посилюються за високих температур і недостатнього доступу кисню, тоді як утворення органічних кислот стимулюється подачею повітря або зниженням температури.

Зниження кольоровості продуктів під час аерації пов'язане з тим, що фенольні сполуки (тирозин, пірокатехін, ДГФА, ДоПА) окиснюються до меланінів, які потім видаляються під час очищення, що не впливає на остатню прозорість сиропу [9]. Однак аерація несе ризик окиснення сахарози: за оцінками Шпенглера, із 100 г цукру утворюється приблизно 102 г щавлевої кислоти.

Перша карбонізація

Мета проведення першої карбонізації вапнований сік насичують вуглекислим газом, що призводить до утворення карбонату кальцію. Цей осад поглинає нецукри, що забезпечує їх інтенсивне видалення разом із аніонними кислотами та високомолекулярними сполуками. В результаті зменшується забарвленість соку, а також покращуються його седиментаційні й фільтраційні характеристики.[28]

Для першої карбонізації зазвичай використовують оновлений барботерний апарат Ш1-ПАС, обладнаний спеціальними барботажами елементами та форсунками для розпилення вапнованого соку. Це дозволяє ефективніше задіяти CO₂ і забезпечує високу адсорбційну здатність отриманих частинок CaCO₃. Однак у такого апарату спостерігається нерівномірне змішування соку з газом і низька ефективність використання CO₂, що негативно позначається на якості соку. [28]

Рівень видалення кальцієвих солей під час очищення дифузійного соку визначає якість кінцевого продукту, ймовірність накипоутворення під час випарювання, ефективність кристалізації та обсяги цукру, що втрачаються в мелясі. Саме тому приділяють особливу увагу заходам, які спрямовані на якнайбільше зниження концентрації іонів Ca у фільтрах, передусім шляхом інтенсифікації сатураційних операцій, що забезпечують соки з високими показниками чистоти, седиментації та фільтрації. Додатково на ефективність сатурації впливає як конструкція самих апаратів, так і їхнє розташування в технологічній схемі.

Дослідження [29-30] довели, що коли сумарна лужність низька, апарат не здатний оптимально використати адсорбційний потенціал CaCO₃, що призводить до послаблення очищувального ефекту та зниження коефіцієнта утилізації CO₂ із сатураційного газу. Такі проблеми особливо

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загострюються при погіршенні якості цукрового буряка та збільшенні потужності цукроварень: об'єм сатураторів збільшується через застосування апаратів із більшим діаметром, тоді як висота шару обмежується можливостями газового компресора. Внаслідок цього утворюються застійні зони та нерівномірно розподіляється газ у перерізі апарата.

За останні роки запропоновано різноманітні шляхи вдосконалення обладнання та методів проведення сатурації: застосування форсунок або обертових дисків для рівномірного розподілу соку, нові конструкції газорозподільних елементів, вплив пульсацій і вібрацій, використання насадок із різним профілем, сатурація під підвищеним тиском тощо. На основі досвіду данської фірми DDS співробітники УкрНДІЦП спільно з фахівцями ПО «Укрсахмаш» модернізували апарати сатурації типу ІС [31]. У оновленому апараті марки Ш1-ПАС встановлено внутрішню циркуляційну трубу, розташовану співвісно корпусу: сік піднімається в середині цієї труби, а потім опускається по кільцевому зазорі між стінкою апарата та трубою, багаторазово інтенсивно циркулюючи всередині. Така циркуляція сприяє посиленому адсорбційному очищенню та формуванню компактних стійких агломерацій осаду, які легко відділяються шляхом відстоювання або фільтрації. Особлива конструкція барботеру забезпечує інтенсивне диспергування газу в соку через безліч отворів по всій поверхні барботажної частини, що покращує умови масообміну між сатураційним газом і соком. Завдяки цьому коефіцієнт утилізації CO₂ може досягати 80–82 %.

Не існує єдиної думки щодо того, як оптимально організувати процес та технічне виконання двоступеневої першої сатурації. Спираючись на аналіз помилок і переваг попередніх розробок та власний досвід, автори [32] запропонували два варіанти проведення двоступеневої сатурації та відповідного обладнання. Ці рішення впроваджені на понад десяти заводах в Україні.

За першим варіантом обрана «коміркова» модель протікання сатурації: в обох апаратах встановлено умови, в яких гідродинаміка наближається до повного змішування, а в цілому процес наближається до витіснення. Це дозволяє в першому апараті забезпечити ділянку зі збільшеною лужністю, що підвищує адсорбційну ефективність осаду, а в обох — утримувати режим, який формує щільну структуру агломератів.

У межах цього підходу сік подається в апарати через карбонізатори-розподільники, розташовані над барботерами. Таке рішення покращує контакт між карбонатом кальцію та соком, що сприяє максимальному видаленню нецукрів під час сатурації. Одночасно в апаратах передбачена внутрішня циркуляція завдяки встановленню коаксіальної труби: сік піднімається всередині неї, а потім опускається між стінкою апарата й трубою, рухаючись за рахунок різниці густини між сокогазовою сумішшю всередині та рідиною зовні.

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки внутрішній циркуляції поліпшуються седиментаційні й фільтраційні властивості осаду після першої сатурації, а також підвищується контроль над процесом очистки.

Коли переробляють буряки низької якості, після першого «А» сатуратора важко підтримувати високу лужність соку (0,45–0,55 СаО) через сильне кипіння й втрату транспортабельності. Щоб усунути цю проблему, розробили другий варіант [33]. За цим варіантом на першому ступені встановлюють режим, близький до повного витіснення, а на другому — до повного перемішування. Конструктивно «А» сатуратор у другому способі відрізняється від першого: сік із дефекатора надходить у нижню конічну частину «А» сатуратора й у прямотечії з сатураційним газом, що подається через барботери, спрямовується вгору. Далі через збірний короб сік транспортується трубопроводом до карбонізатора-розподільника «Б» сатуратора. Інші елементи схеми залишаються такими ж, як у першому способі. Результати випробувань показали зростання швидкості седиментації соку I сатурації на 22 %, зменшення коефіцієнта F_k із 3,6 до 2,6, підвищення ефекту очищення на 3,7 % і збільшення коефіцієнта утилізації CO_2 на 11–13 % [32,33].

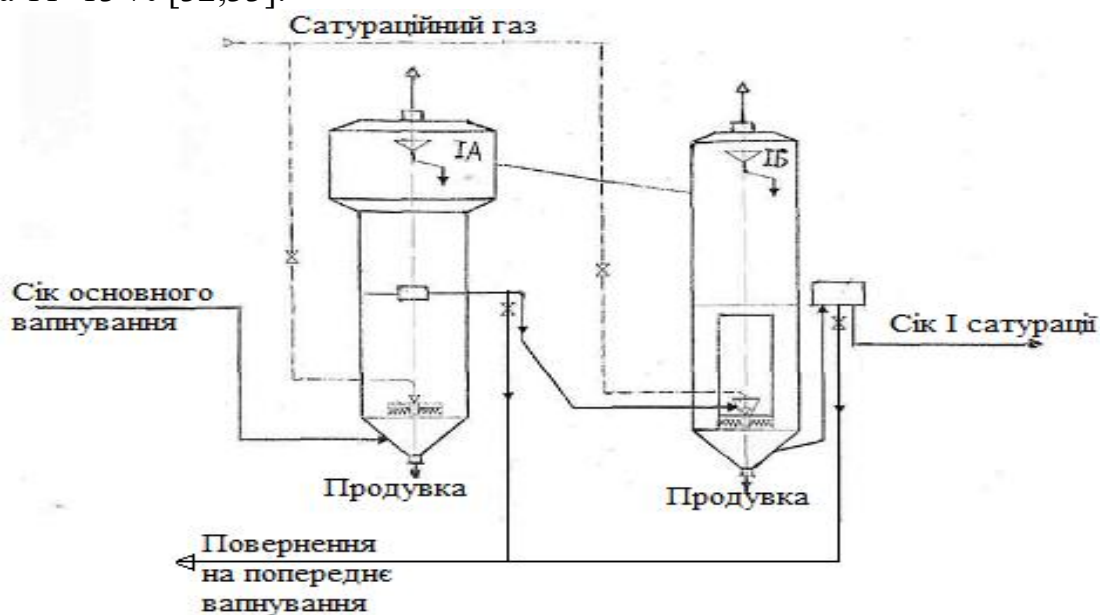


Рисунок 2.4 – Схема двоступеневої першої карбонізації.

Однак недоліки цього апарата в тому, що необхідно регулювати подачу карбонізаційного газу в кожній секції, а його конструкція є доволі складною.

Використання флокулянтів.

Погіршення якості буряків, що надходять на заводи України протягом останніх років, призводить до зниження чистоти дифузійного та очищеного соку, зростання витрат вапна, ускладнень під час фільтрації соків і сиропу та збільшення забарвленості кінцевої продукції. Багато дослідників вважають, що одним із ефективних заходів поліпшення седиментаційно-фільтраційних властивостей осаду, особливо при вапнокарбонізації, є

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	22

застосування флокулянтів – як природного походження (органічних і неорганічних полімерів), так і синтетичних.

Відомо, що введення флокулянтів дозволяє інтенсифікувати процеси гетерокоагуляції та відстоювання зважених речовин у соку першої карбонізації, а також підвищує ефективність очищення під час дефекосатурації й чистоту соку другої карбонізації.

На українських цукрових заводах широко використовують флокулянти марок:

- PRAESTOL – акриламідні полімери з акрилатними групами, що утворюють в розчині негативний заряд і належать до аніонних;
- MAGNAFLOC LT – аніонні флокулянти на основі поліакриламідну;
- HENGFLOC – поліакриламідні флокулянти аніонного, катіонного та неіонного типу, що відрізняються ступенем іонізації та молекулярною масою;
- «КРОСС-5».

Ці препарати довели свою доцільність у підвищенні швидкості утворення осаду та полегшенні процесів фільтрації й відстоювання.

PRAESTOL 2540 значно прискорює осадження домішок завдяки тому, що його молекули сприяють утворенню щільних флокул. Це дозволяє зменшити час відстоювання й отримувати прозорий фільтрат із мінімальною каламутністю. Оскільки полімер ефективно зв'язує лише небажані частинки, втрати сахарози в осаді знижуються до мінімуму, що сприяє підвищенню виходу готового продукту.

Використання PRAESTOL 2540 також дає змогу зменшити об'єм фільтраційного осаду та знизити вологість осадженої маси, адже сформовані флокули добре відокремлюються від рідини. Завдяки цьому знижується навантаження на фільтр-преси та інше обладнання, а потреба в промивній воді зменшується до мінімуму. Крім того, невелика рекомендована доза робить застосування флокулянту економічно вигідним.

Також важливо, що PRAESTOL 2540 зберігає стабільність роботи за різких коливань температур та рівня рН, тому його можна використовувати у різні пори року й при коливанні якості буряків. Внаслідок цього процес очищення соку стає більш передбачуваним, а фільтрат завжди відповідає вимогам прозорості й чистоти. Загалом застосування PRAESTOL 2540 забезпечує підвищення ефективності технологічного процесу, зменшення витрат на утилізацію осаду та покращення кінцевої якості цукру.[29,34]

Додаткова дефекація перед II карбонізацією

Додавання вапна перед другою сатурацією є важливим технологічним заходом, який дозволяє покращити характеристики очищеного соку без збільшення загальних витрат вапна. Напередодні другої сатурації виконують другу дефекацію з внесенням 0,3–0,5 % СаО від маси буряків.

Переваги застосування вапна перед другою сатурацією:

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Зростає стійкість соку до високих температур завдяки додатковому лужному руйнуванню залишків інвертного цукру, амідів та амонійних солей.
- Поліпшується чистота та ефект очистки соку шляхом додаткової адсорбції розчинених нецукрів.
- Зменшується перенасичення розчину CaCO_3 у відстійнику-дозрівачі завдяки присутності утворених кристалів карбонату кальцію.
- Снижується накришкоутворення на поверхнях нагрівальних елементів у процесі випарювання, а також у вакуум-апаратах; легше проводиться уварювання утфелів через зниження концентрації розчинних солей кальцію в соках на 20–30 %.
- Додатково підвищується стійкість соку до термічних навантажень.
Параметри технологічного процесу:
 - Температура: 95 °C
 - Тривалість: 5–7 хвилин
 - Лужність дефекованого соку (за метилоранжем): 0,3–0,5 % CaO

Друга карбонізація

Метою є скорочення непередбачених втрат сахарози, підвищення термостійкості соку та зниження ризику утворення накипу під час випарювання до стадії сиропу. У стадії другої карбонізації карбонізаційний газ подають до соку першої карбонізації, що попередньо пройшов фільтрацію та додаткову обробку вапном. Це сприяє майже повному видаленню іонів кальцію і залишкових нецукрів, які не усунулися в попередньому етапі.

Додавання вапна до соку перед другою карбонізацією сприяє підвищенню її ефективності, оскільки у відфільтрований сік першої карбонізації вводиться Ca(OH)_2 , що забезпечує високу концентрацію гідроксиду кальцію й, як результат, кращу утилізацію CO_2 . Саму другу карбонізацію здійснюють у тих же апаратах, що й першу. Однак у разі використання одноступінчастих установок показники утилізації CO_2 та очищення соку залишаються низькими. Значно вищу ефективність можна досягти за допомогою багатосекційних апаратів, проте їхня конструкція є значно складнішою.

Через застосування стандартної тепло-термічної схеми очистки дифузійного соку та з метою усунення недоліків традиційної двоступеневої сатурації, інженерами НВО «Цукор» створено й впроваджено на багатьох заводах України агрегат Ш1-ПСВ [35]. Він включає дефекатор перед другою сатурацією, власне установку II сатурації та пристрій для витримки (дозрівання). Натомість на більшості підприємств для II сатурації застосовують безбарботерні агрегати з решітками або без них, які працюють за принципом протитечії. Головні мінуси таких установок — низька ефективність використання CO_2 (переважно близько 50–55 %), обмежена адсорбційна активність частинок CaCO_3 і складнощі з підтриманням стабільного кінцевого рівня рН (лужності) соку.

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Професор Л. М. Хомічак та його колеги запропонували метод двоступеневої другої карбонізації з використанням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ підвищеної реакційної здатності у кількості 0,25–0,36 % CaO до масової частки. Для цього також модернізували сам апарат для другої карбонізації [36]. За цією технологією попередньо фільтрований і прогрітий до 93 °С сік (з обробкою $\text{Ca}(\text{OH})_2$) спрямовують на форсунки апарата другої карбонізації. Під час обробки карбонізаційним газом відбувається часткова реакція $\text{Ca}(\text{OH})_2$ із CO_2 , після чого сік надходить у машину для додаткового вапнування перед основним етапом другої карбонізації, де перебуває близько трьох хвилин. Далі сік подають у сам апарат другої карбонізації, який оснащений внутрішньою циркуляційною трубою. Завдяки такій двоступеневій схемі досягають суттєвого зростання коефіцієнта використання CO_2 (до 82–85 %) і покращення якості очищеного соку. Висока дисперсність попередньо утвореного CaCO_3 і його активація гідроксидом кальцію перед дефекцією підвищують електрокінетичний потенціал частинок осаду. Це сприяє активації адсорбційних властивостей для захоплення меланоїдів і іонів Ca^{2+} , а також їх охороні новими шарами карбонату кальцію на другому етапі сатурації. Відтак зниження лужності до оптимального рівня для другої карбонізації не призводить до десорбції вже захоплених забруднень.

Фільтрування соку та сиропу

Метою цього етапу є розділення суспензії через пористу перегородку, в результаті чого отримують очищену рідину (фільтрат) та вологий осад (фільтраційний осад). Згідно з типовою технологічною схемою виконують фільтрацію соку після першої сатурації (основна та контрольна фільтрація), соку після другої сатурації, а також сульфітованого сиропу разом із клеровкою.

У бурякоцукровому виробництві обов'язково фільтрують сік першої карбонізації, сік другої карбонізації та суміш сиропу із клеровкою.

Для зменшення в'язкості суспензії найпростіше нагріти її перед фільтрацією. У цукровій промисловості цей прийом широко застосовується: соки першої та другої карбонізації підігрівають до 85–90 °С, а суміш сиропу з клеровкою — до 80–85 °С. Такий нагрів особливо допомагає при роботі з густими цукровими розчинами. Що стосується обладнання, то сучасні автоматизовані фільтр-преси є найдоцільнішим рішенням для заміни застарілих систем фільтрації.

Науковці НУХТ створили тонкошаровий відстійник-дозрівач, який дозволяє усунути перенасичення соку другої карбонізації карбонатом кальцію й одночасно розділити його на декантат та густу суспензію. [37] Більшість фільтраційного обладнання на цукрових заводах є фізично і морально застарілим, тож проблема фільтрації соків за останні роки стала особливо гострою, адже саме від якості цього процесу значною мірою залежить кінцевий продукт.

Фільтрацію соку після першої карбонізації виконують у два етапи:

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Відділення концентрованої суспензії (яка становить 20–25 % від маси соку) з нефільтрованого об'єму за допомогою фільтрів-згущувачів (ФіЛС, МВЖ). Отриманий фільтрат надходить на другу карбонізацію.
2. Обробка концентрованої суспензії на вакуум-фільтрах або фільтр-пресах для розділення на рідку та тверду фази. Осад промивають водою з метою вилучення залишків цукру, який назад повертають у посудину з нефільтрованим соком. [37]

Фільтри типів ФіЛС та МВЖ придатні для обробки як соку першої, так і другої карбонізації; у випадку другої карбонізації сік не підігривають, а промивання осаду не проводять.

Для фільтрації концентрованої суспензії застосовують фільтр-преси (РКО-25, ФКС-50), що дозволяють отримати щільний осад, зручний для транспортування. [38]

Автоматизовані фільтр-преси серії ФКМс використовують для одноетапної фільтрації соків обох карбонізацій, а також для обробки концентрованої суспензії (при двоетапній фільтрації). Це знижує втрату сахарози в осаді й підвищує якість фільтрату. На рисунку 2.9 наведено схему двоетапної фільтрації після першої карбонізації із застосуванням фільтрів-згущувачів МВЖ та фільтр-пресів ФКМс. [38]

На окремих цукрових заводах України для концентрування суспензій використовують мембранно-камерні фільтри типів КФ-1000 і КФ-1200, а також мембранні фільтри МЕКО-1200, що застосовуються для фільтрації соку першої карбонізації без попереднього концентрування. Окрім технології фільтрації (для отримання концентрованої суспензії після першої чи другої карбонізації з нефільтрованого соку) у процесі очищення застосовують седиментацію: тверда фаза осідає в гравітаційному полі всередині відстійників.

Застосування фільтр-пресів дає такі переваги:

1. Суттєве зменшення споживання промивної води. Розрідження соку перед випарною установкою становить менше 1 %, тоді як для дискових та вакуум-фільтрів цей показник складає 1,5–2,5 %. Завдяки цьому знижується об'єм води, який потрібно випарити. Крім того, фільтр-преси майже не потребують витрат води на промивання осаду й самої фільтрувальної системи.
2. Мінімізація втрат сахарози в осаді. При використанні фільтр-пресів кількість цукру, що залишається у фільтраційному осаді, зменшується до 0,02–0,04 % від маси буряків, у той час як при вакуум-фільтрах і дискових фільтрах втрати сягають 0,1–0,2 %.
3. Зниження витрат фільтрувальної тканини. Оскільки фільтр-преси працюють із напруженим тиском, зменшується необхідний обсяг тканини порівняно з традиційними фільтрами.
4. Скорочення енергетичних витрат. Витрати електроенергії знижуються завдяки ефективнішій роботі насосів та меншій потребі у відстоюванні осаду.

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Отримання напівсухого осаду. Фільтр-преси забезпечують вологість осаду на рівні 30–35 % сухих речовин, що дозволяє транспортувати його стрічковими конвеєрами, зменшувати площу відстійників і знижувати витрати на перевезення. Напівсухий осад також успішно використовується в сільському господарстві для вапнування кислих ґрунтів і покращує екологічний стан виробництва.
6. Відсутність забруднення фільтрату іржею або металевими частинками. На відміну від листових, дискових або патронних фільтрів, які можуть кородувати рамки або патрони, фільтр-преси гарантують чистий фільтрат без частинок іржі.
7. Можливість фільтрації густих сумішей. Фільтр-преси здатні обробляти суміш сиропу з клеровкою із вмістом сухих речовин 68–71 %, що неможливо для багатьох інших типів фільтрів.
8. Повна автоматизація процесу. Фільтр-преси легко інтегруються у автоматизовані лінії, що спрощує керування фільтрацією та знижує потребу у ручній праці.

Практично всі сучасні автоматизовані фільтр-преси, які виробляються в Україні та низці європейських країн, підходять для обробки суміші сиропу з клеровкою. Вони здатні відфільтрувати рідину зі вмістом сухих речовин до 68 %, забезпечуючи фільтрат значно вищої якості порівняно з дисковими установками. Важливо, щоб завтовшки осадового шару на фільтрувальній перегородці не перевищував 30 мм. [39]

У цукровому виробництві широко застосовують відстійники, оскільки вони прості в експлуатації й не потребують фільтрувальних тканин. Для оцінки їхньої ефективності щодо соків першої та другої сатурації, а також якості отриманих соків і сиропу, проводили дослідження на різних цукрових заводах, де використовують різні модифікації цього обладнання. Зокрема, на Кам'янець-Подільському заводі змонтували два п'ятиступінчасті відстійники типу Дорра для соку першої сатурації. А на Червонському заводі встановлено п'ятикаскадний відстійник моделі Ш1-П1566 для соку другої сатурації.

У цукровому виробництві осадження відбувається в обмеженому об'ємі при високій концентрації дисперсної фази, тобто частинки падають за умов, коли вони взаємодіють один з одним. Під час відстоювання неоднорідної суміші в апараті поступово накопичується все більше диспергованих частинок у напрямку зверху донизу. Над шаром осаду з'являється зона ущільненої суспензії, де частинки осідають стиснено: між ними виникає тертя і вони зіштовхуються. В цьому шарі дрібні частинки затримують більш крупні, тоді як великі разом із собою «тягнуть» дрібні, пришвидшуючи їх рух. Через це швидкості осадження часток різного розміру наближаються одна до одної. Ущільнення зростає, оскільки із наближенням до днища швидкість частинок уповільнюється: рідина, яку витісняє осад, рухається вгору від нерухої перегородки, чинячи чинник опору. Під час відстоювання чітко окреслюється межа між зоною

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					27	

стисненого осадження й вільним осадженням, над якою залишається рідина. При проектуванні відстійників виходять із того, яку швидкість мають найдрібніші частинки [40]. Нині на цукрових підприємствах застосовують відстійники з горизонтальним потоком, а також із вертикальним висхідним і тонкошаровим потоком.

Відстійники з горизонтальним потоком. Такий апарат являє собою вертикальний циліндр діаметром 5500 мм із корисною площею 140 м². Уздовж висоти корпусу вмонтовано чотири нахилені конічні перегородки сумарною площею 95 м². Посередині стоїть вал із отворами для подачі сатураційного соку у кожен секцію. На валу закріплені лопаті зі скребками, що зіскрбають осад до центра. Сік спочатку enters до верхньої підготовчої камери, де відокремлюється піна. Далі через верхній отвір він потрапляє в середину вала, розподіляється по секціях і осідає. Очищений вгорі секції декантат подається на контрольну фільтрацію, а концентрована суспензія — на вакуум-фільтри. Головний мінус відстійника РМЗ — нерівномірне накопичення осаду в секціях та тривалий час перебування соку (приблизно 2,5 год) [41].

Відстійники з вертикальним висхідним потоком. Щоб зменшити час відстоювання сатураційних соків, розробляють апарати, які осаджують частки в потоці, що рухається знизу вгору. Це дає змогу збільшити одиничну потужність ярусу завдяки більшому діаметру без зміни висоти. Такий підхід усуває етап вільного осадження: попередньо освітлений сік безпосередньо подається під шар ущільненої суспензії. Для ефективного розділення потрібний флокулянт, який прискорює відстоювання. Суть роботи полягає в тому, що швидкість висхідного потоку рідини менша, ніж швидкість осадження твердих часток. Флокульований сатураційний сік надходить знизу через центральну трубу, а потім за допомогою відбивача рівномірно розподіляється радіально й піднімається крізь шар осаду. Густина суспензії поступово зростає зверху вниз.

Сульфітація очищеного соку та сиропу

Метою процедури є зниження кольоровості соку та сиропу й запобігання утворенню нових пігментів під час подальшого випарювання соку та кристалізації цукру, а також зменшення рН і в'язкості розчину. Коли переробляють високоякісні буряки з великою природною лужністю, сульфітація залишається єдиним способом понизити лужність, проте вона ускладнює процес кристалізації цукру. Якщо ж обробляють сік із низькою натуральною лужністю, це призводить до слабокислої реакції й часткової інверсії сахарози. Щоб уникнути таких проблем, замість газової сульфітації застосовують так звану соляну: до соку додають сульфати калію та натрію, що забезпечують лужну реакцію, підвищують буферність і стабілізують рН. [4]

Виробництво SO₂ шляхом спалювання сірки на цукрових заводах має недоліки: потрібні громіздкі установки, а також погіршуються санітарно-гігієнічні умови. Тому на деяких підприємствах використовують зріджений

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SO₂, який доставляють у спеціальних залізничних цистернах об'ємом 55 т. Його перекачують до стаціонарного резервуара з нагрівальними зміювиками, паропроводом, клапаном контролю надлишкового тиску та манометром. Зріджений газ подають у сульфітатор разом із речовиною або під тиском безпосередньо у потік рідини.

Сироп направляють до адсорбційної камери по головному трубопроводу, і в цей же корпус через випарювач і барботер під тиском вводиться зріджений газ, більша частина якого затримується в самому відсіку. Перед діафрагмою струмінь сиропу звужується, що збільшує його швидкість. У змішувальній камері, завдяки перпендикулярно встановленим сталевим пластинам, відбувається інтенсивне перемішування потоку. За такого підходу SO₂ практично повністю засвоюється. Ділянку трубопроводу, де здійснюється сульфитація, виготовлено з некорозійного металу.

Сульфітатор має циліндричний корпус, який виконує роль гідравлічного бар'єру й не дає газу проникати в зливний трубопровід. Зверху до корпусу прикріплено сепаратор — циклон з внутрішнім циліндром, що відокремлює рідину від відпрацьованого газу.

2.2. Заходи щодо удосконалення технології та обґрунтування підвищення ефективності очищення дифузійного соку.

По-перше, встановити вдосконалені преси КФ-1200, Застосування фільтр-пресів дозволяє суттєво зменшити об'єм промивної води: розрідження соку перед випаренням складає менше 1 %, тоді як у вакуум-фільтрів цей показник досягає 1,5–2,5 %, що веде до істотної економії палива за рахунок меншої кількості випаровуваної води. Майже відсутні витрати води на змив осаду та промивання устаткування. Крім того, втрати сахарози в осаді фільтр-пресів у середньому становлять 0,02–0,04 % від маси буряків, тоді як у вакуум-фільтрів і дискових фільтрів вони сягають 0,1 %. Використання фільтрувальної тканини також скорочується, а електроенергії витрачається менше. Осад виходить у напівсухому стані (вологість близько 30–35 %), що полегшує його транспортування стрічковими конвеєрами, зменшує площі відстійників і транспортні витрати. Напівсухий осад легко застосовувати як добриво для вапнування кислих ґрунтів або як сировину для виробництва будівельних матеріалів, покращуючи екологічні показники заводу. Усе це дає змогу повністю автоматизувати процес фільтрації.

По-друге, доцільно додати до процесу флокулянт PRAESTOL 2540, який, завдяки своєму складові й властивостям, сприяє формуванню щільних флокул із колоїдних і мінеральних домішок. Завдяки цьому вдається зменшити витрати фільтраційної тканини на 0,2 м² на кожні 100 тон буряків, підвищити ефективність очищення соку на 5–7 %, а також знизити вміст

					РОЗДІЛ 2. ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кальцієвих солей і забарвленість соку другої карбонізації на 12–18 %, що позитивно впливає на загальний вихід цукру.

По-третє, необхідно впровадити модернізовану двоступеневу схему першої карбонізації. Для цього в кожному корпусі апаратів «А» та «Б» першої карбонізації встановлюють внутрішню циркуляційну трубу. Така конструкція забезпечує безперервну циркуляцію соку всередині карбонізатора і дозволяє досягати ступеня карбонізації на рівні 40–50 % вже після апарата «1А». Устаткування «1Б» підтримує рН на оптимальному рівні 10,8–11,2, що виключає піноутворення в корпусах і значно прискорює седиментацію: швидкість відстоювання першого соку зростає на 22 %, фільтраційний коефіцієнт знижується з 3,3 до 2,6, а коефіцієнт використання CO₂ підвищується на 11–13 %. У наслідок цього загальний ефект очищення дифузійного соку зростає на 3,7 %, а вихід цукру підвищується приблизно на 0,3 %.

Четвертий захід полягає у поверненні згущеної суспензії соку після першої сатурації у технологічний цикл. Це дозволяє підвищити ефект очищення на 2,7 % і зменшити кількість рециркуляційних повернень: понад 8–10% суспензії другого ступеня карбонізації й близько 40 % частково карбонізованого соку спрямовуються на попереднє вапнування. Завдяки високій дисперсності CaCO₃ додатково відбувається осадження речовин колоїдної дисперсності, що покращує якість очищення та стабільність технологічного процесу.

П'ятий крок передбачає проведення двоетапної дефекосатурації з частковою попередньою карбонізацією. Таке поєднання дозволяє більш ефективно видаляти залишкові нецукри, оскільки після кожного етапу дефекації та часткової сатурації підвищується здатність соку до адсорбції небажаних компонентів. У результаті очищення відбувається у сприятливіших умовах і забезпечує максимальне зниження непрямих втрат цукру.

2.3. Опис удосконаленої апаратурно-технологічної схеми сокоочисного відділення.

Диффузійний сік надходить до переддефекатора РЗ-ППД-3 – горизонтального секційного апарата із поступовим підвищенням лужності. У цьому пристрої живлення молоком вапна (0,5 % СаО до масової частки буряка) здійснюється з мішалки через дозатори, доки рН рідини не наблизиться до 10,8–11,6.

Після попередньої обробки в третьому відсіку (рН 8,6–8,8) вводять 60 % нефільтрованого соку після першої сатурації. У четвертому відсіку (рН 9,4–9,6) приєднують 10 % згущеної суспензії з другої сатурації. П'ята й шоста камери отримують по 10 % чистого дифузійного соку кожна. Такий розподіл дозволяє повніше видалити колоїдні та високомолекулярні нецукри, покращити якість осаду й підвищити ефективність очищення на 4–8 %, знизити концентрацію солей кальцію та інтенсивність забарвлення

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

очищеного соку на 20–30 %. Це, у свою чергу, дає змогу збільшити випуск товарного цукру на 0,14 % від маси буряків. Тривалість перебування рідини в переддефекаторі складає близько 20–25 хвилин.

З переддефекатора попередньо очищений сік самопливом поступає в холодний дефекатор Ш1-ПДХ-3 (температура 40–50 °С), де перебуває 15 хвилин. Дефекований сік із вмістом СаО 1,3–1,8 % перекачують у підігрівач ППС-120, піднімаючи його температуру до 85–87 °С. Потім цю рідину спрямовують у гарячий дефекатор Ш1-ПДГ-3,0, де вона перебуває під дією молока вапна протягом 8–10 хвилин при рН 10,8–11,2.

Далі дефекований сік потрапляє у відсік «А» апарата першої сатурації ПАС-3, де його піддають обробці сатураційним газом (СО₂). Через карбонізатор-розподільник цього відсіку рідина контактує з газом доки лужність у «А» не досягне 0,14–0,15 % СаО, водночас за потреби можна підкорегувати рН додатковою порцією молока вапна. Разом із СО₂ у перший ступінь подають молоко вапна в кількості 0,3 % СаО. Після «А» сатуратора при температурі 85–87 °С рН соку становить 10,8–11,2, а лужність – 0,08–0,10 % СаО.

З котла «Б» близько 60 % відсатурованого соку повертають на попередню дефекацію, що покращує седиментаційно-фільтраційні властивості осаду першого ступеня сатурації. Решта рідини йде у контрольний ящик, звідки надходить у збірник нефільтрованого соку першої сатурації.

Перед фільтрацією до соку додають флокулянт і воду, штовхаючи розчин у інтенсивне перемішування. Це дозволяє знизити витрати фільтраційної тканини на 0,2 м² на кожні 100 т буряків, підвищити ефект очищення на 5–7 % і одночасно зменшити вміст кальцієвих солей та забарвленість соку другої сатурації на 12–18 %.

Нефільтрований сік першої сатурації насосом подають на три згущувачі типу АМО, де відокремлюють згущену суспензію. Концентрований осад із відстійника через збірник насосом перекидають на дві камерні фільтр-преси КФ-1200М. Утворений осад містить близько 70 % сухих речовин, а втрати сахарози не перевищують 0,02 % від маси буряків. Пульпу з фільтр-пресів відводять стрічковим транспортером за межі заводу.

У порівнянні з одноетапною першою сатурацією застосування цієї схеми підвищує коефіцієнт очищення соку в середньому на 3,7 %, збільшує утилізацію СО₂ на 11–13 %, скорочує витрати молока вапна на 0,18–0,20 % СаО до маси буряків і зменшує втрати цукру в мелясі на 0,04 % від маси буряків.

Фільтрований сік першої сатурації, змішаний із молоком вапна в кількості 0,15–0,35 % СаО та підігрітий до 93–95 °С, не надходить у дефекатор перед другою сатурацією, а спрямовується безпосередньо на форсунки, розташовані у верхній частині апарата другої сатурації. Під час інжекції високолужного соку в «відпрацьований» сатураційний газ відбувається часткова карбонізація Са(ОН)₂ – експериментально визначено,

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що вона сягає 18–22 % залежно від початкового вмісту СаО в рідині, яка подається на форсунки.

За допомогою спеціального пристрою розпилений і частково карбонізований сік збирається у верхній зоні апарата, після чого самопливом переходить до фільтратора-дозрівача. Тут його обробляють невеликою порцією молока вапна (0,1 % СаО) і витримують понад 3 хвилини, щоб максимально зруйнувати залишки інвертного цукру й аміді.

Зі згаданого фільтратора сік спрямовують у нижню частину другого ступеня карбонізації – апарат із внутрішньою циркуляційною трубою та радіальним барботером. Тут рідина знову контактує з порцією свіжого сатураційного газу до досягнення оптимального рівня лужності.

Процес другої сатурації фактично відбувається в дві стадії. Конструкція нижньої зони обладнання забезпечує прямоточну рециркуляцію соко-газової суміші: висока приведена швидкість газового потоку, досягнута інтенсивним барботажем, прискорює формування частинок СаСО₃, що підсилює їх адсорбційну здатність. Нова утворена мицела карбонату кальцію формується та росте у внутрішньому об'ємі циркуляційної труби (зона «активної» сатурації), куди суміш піднімається завдяки меншій щільності газорідного потоку порівняно з чистим соком.

Поза межами труби сік опускається вниз, де вже не надходить свіжий газ. Тут відбувається інтенсивна кристалізація раніше розчинених у рідині карбонатів кальцію й магнію на готових частинках СаСО₃ (зона «пасивної» сатурації). Така схема сприяє різкому зниженню перенасичення соку солями й значно покращує його фільтраційні властивості.

Впровадження розробленої двоступеневої другої сатурації забезпечує збільшення ступеня використання СО₂ до 82–85 % і суттєве підвищення чистоти очищеного соку після другого ступеня. Зі сатуратора рідину подають у переливний ящик і далі – до відстійника для соку другої сатурації (Ш52-ПО2С-3,0).

Декантат із відстійника насосом спрямовують на дискові фільтри ДФ-80 (9 одиниць) для остаточної підготовки соку. Отриманий фільтрований сік надходить на сульфітацію й потім потрапляє у збірник перед випарною станцією.

Висновок

Загалом зазначені заходи – модернізація фільтраційного обладнання, застосування флокулянту, удосконалена перша карбонізація, ревізія рециркуляційних потоків і двоетапна дефекосатурація з попередньою карбонізацією – у комплексі забезпечують оптимізацію всіх стадій очищення соку та підвищують вихід і якість кінцевого цукру.

					РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

3.1 Характеристика основної сировини

Вимоги до цукрових буряків наведено в табл. 3.1 ДСТУ 4327:2013 «Коренеплоди цукрового буряку для промислової переробки. Технічні умови» [43].

Таблиця 3.1

Вимоги щодо якості цукрових буряків

Назва показників	Гранично допустиме значення.
Фізичний стан коренеплоду	такі, що не втратили тургору
Масова частка коренеплодів цвітушних	не більше 1,0%
Масова частка коренеплодів підв'ялених	не більше 5,0%
Масова частка коренеплодів зі значними механічними пошкодженнями	не більше 12,0%
Коренеплоди муміфіковані	не дозволено
Коренеплоди підморожені з почорнілими тканинами, які відшаровуються	не дозволено
Коренеплоди загнилі	не дозволено
Масова частка зеленої маси	не більше 3,0%
Цукристість	не менше 12,0%

До загальної ураженості буряків відносять наявність ґрунту, каміння, сухого листя, бур'янів, додаткових корінців і хвостиків діаметром менше 1 см, а також зеленої маси. Підв'ядлими вважаються коренеплоди з пониженим тургором, порушеною природною щільністю і крихкістю, у яких хвостики гнуться без перелому.

Якість буряків у сховищах залежить не лише від їхнього стану на момент закладки, а й від умов зберігання. Оптимальною вважається температура 0–2 °С, відносна вологість у штабелях — 90–95 %, вміст кисню — 18–20 %, а вуглекислого газу — 0,18–0,20 %.

Щоб запобігти підмерзанню коренеплодів у штабелях середнього та довготривалого зберігання, їхні бічні поверхні вкривають теплоізоляційними матеріалами. Підмерзлі буряки непридатні до зберігання, оскільки в процесі відтавання вони швидко загнивають і погано піддаються переробці.

3.2 Характеристика допоміжних матеріалів.

Хімічний склад цукрових буряків включає близько 17,5 % цукрів та 7,5 % нецукрів (із них 5 % припадає на м'якоть і 2,5 % на клітинний сік).

Як допоміжний матеріал у виробництві цукру використовують вапняк, що повинен відповідати вимогам ДСТУ 1451-96 «Камінь вапняковий для цукрової промисловості. Технічні умови» [44].

					РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Характеристика хімічного складу вапнякового каменю наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Хімічний склад вапняковго каменю

Назва показника	Норма
Масова частка вуглекислого кальцію	не менше 93,0%
Масова частка, не розчинних в кислоті речовин	не більше 3,00%
Масова частка оксидів алюмінію і заліза	не більше 1,50%
Масова частка вуглекислого магнею	не більше 2,50%
Масова частка сірчаноокислого кальцію	не більше 0,40%
Масова частка оксидів металів Ка і Na	не більше 0,25%
Масова частка домішок	не більше 3,00%

Фільтрувальна тканина повинна відповідати таким критеріям: утримувати велику кількість зважених частинок, забезпечувати достатню пропускну здатність; бути стійкою до хімічних впливів у діапазоні рН 5–12; витримувати температури до 103 °С; легко піддаватися очищенню та відновленню; використовуватися без заміни протягом 50–70 діб.

У процесі виробництва цукру застосовують також дезінфікуючі засоби, серед яких формалін, хлорне вапно і пероксид водню. Формалін являє собою 40%-й водний розчин формальдегіду, стабілізований метанолом, і служить як засіб для дезінфекції та антисептики. Хлорне вапно— це білий порошок, що містить гіпохлорит, хлорид кальцію й гашене вапно; він має різкий запах хлору, має сильні окислювальні властивості й використовується для знищення патогенів у цукрових розчинах та для очищення виробничої води.

Сірчистий газ (SO₂) — безбарвний газ із характерним різким запахом, що складається зі сірки та кисню, є одним із ключових реагентів у технології очищення дифузійного соку.

Для коригування лужності застосовують кальциновану та каустичну соду, а також тринатрійфосфат, які підвищують рН і нейтралізують його від’ємні значення.

Флокулянти потрібні для поліпшення процесу відокремлення осаду в апаратах першої та другої карбонізації, а також для очищення води, що використовується у мийці транспортерів.

Антинакипін вводять у схему випарної установки задля захисту теплообмінних поверхонь від утворення накипу.

Поверхнево-активні речовини використовують під час варіння утфелів, щоб знизити їхню в’язкість і запобігти утворенню надмірної піни в вакуум-апаратах.

Показані в таблиці 3.3 витрати сировини й допоміжних матеріалів на Жданівському цукровому заводі демонструють, що вони знаходяться в межах затверджених норм.

					РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3

Використання сировини, допоміжних матеріалів і енергетичних ресурсів

Найменування сировини, матеріалів	Витрати			
	нормативні		фактичні	
	абсолютна величина	% на 100 т буряку	абсолютна величина	% на 100 т буряку
Цукрові буряки	365100	-	362428	-
Вапняк, % до маси буряків	25557	7,0	23523	6,7
Фільтраційна тканина на 100 т буряків	12779	3,5	11235	3,2
Формалін технічний	54765	15,0	50556	14,4
Фільтроперліт, кг	109530	30,0	23172	6,6
Кізелюгур, кг	182550	50,0	168520	48,0
Тринатрійфосфат кг	40161	11,0	31215	10,6
Суперфосфат гранульований, кг	109530	30,0	101814	29,0
Соляна кислота, кг	29208	8,0	27736	7,9
Жир технічний, кг	9127,5	2,5	8426	2,4
Масило для механізмів, кг	1460,4	0,4	1334,1	0,38

Основним виробом цукрового заводу є кристалічний білий цукор, а також меляса і жом. Кристалічний білий цукор повинен відповідати ДСТУ 4623:2023 «Цукор. Технічні умови». Згідно з цим стандартом розрізняють такі види цукру залежно від технології виготовлення: екстра білий, цукор білий I та II категорій, напівбілий цукор і сахарозу для шампанського, а також пресований цукор і цукрову пудру.

При цьому кристали цукру мають розмір 0,2–2,5 мм, а сахароза для шампанського — 1,0–2,5 мм. Сахарозу для шампанського і цукрову пудру виготовляють із екстра білого цукру або цукру білого I категорії. [45] За органолептичними характеристиками готовий продукт повинен відповідати показникам, наведеним у таблиці 3.4. [45]

3.3 Характеристики цукру.

Цукор, залежно від методу виготовлення, класифікують на кристалічний, сахарозу для шампанського, цукрову пудру та пресований. Кристалічний продукт за якісними характеристиками поділяється на чотири категорії (I–IV), а пресований — на три (I–III). Виробництво цукру здійснюється за технологією, затвердженою згідно зі стандартом ДСТУ

					РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4623:2006. За органолептичними критеріями продукт має відповідати показникам, зазначеним у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Органолептичні показники

Назва показника	Характеристика
1	2
Зовнішній вигляд	Цукор має бути білим, чистим, без плям і сторонніх включень. Для продукту третьої й четвертої категорій можливий легкий жовтуватий тон. Кристалічна форма повинна бути сипучою, без злиплих грудок. У цукрі нижчих категорій дозволено грудочки, які легко руйнуються при легкому натисканні.
Запах і смак	Смак повинен бути солодким, без домішок або запахів, як у сухому стані, так і в розчині. У цукрі четвертої категорії може бути присутній слабкий аромат меляси.
Чистота розчину	Розчин цукру повинен бути прозорим або мати слабку мутність без осаду, механічних частинок і забруднень. У цукрі третьої й четвертої категорій допустима незначна опалесценція.

Фізико-хімічні властивості кристалічного цукру мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

Фізико-хімічні показники цукру

Назва показника	Значення та категорії кристалічного цукру			
	Екстра білий цукор	II категорія	III категорія	IV категорія
Масова частка сахарози (поляризація), %, не менше ніж	99,7	99,7	99,61	99,5
Масова частка редукувальних речовин (в перерахуванні на суху речовину), %, не більше ніж	0,04	0,04	0,05	0,065
Масова частка вологи, %, не більше ніж:				
- кристалічного цукру	0,06	0,1	0,14	0,15
- сахарози для шампанського	-	0,1	-	-
- цукрової пудри	-	0,2	0,2	-

Масова частка золи (вперерахуванні на суху речовину), не більше ніж: %	- 0,011	0,027	- 0,04	- 0,05
балів	6,0	15,0	-	-
Кольоровість в розчині, не більше ніж:				
одиниць ICUMSA	22,5	45,0	104	195
балів	3	6	-	-
умовних одиниць	-	-	0,8	0,5
Масова частка феродомішок, %, не більше ніж	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Величина окремих часток феродомішок, в найбільшому лінійному вимірі, мм, не більше ніж	0,3	0,3	0,3	0,3

Кристалічний цукор для певних споживачів (виробництво дитячого харчування, молочних консервів і біофармацевтична промисловість) повинен відповідати мікробіологічним нормам, встановленим МБВ № 5061 і наведеним у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6.

Мікробіологічні показники

Назва показника	Значення
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше ніж	1,0 X 10 ³
Плісеневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж	1,0 X 10
Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж	1,0 X 10
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1 г	Не допускають
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не допускають

Допустимий рівень токсичних елементів у цукрі визначено МБВ № 5061 і наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7.

Допустимі рівні токсичних елементів

Назва показника	Допустимий рівень вмісту, мг/кг, не більше ніж
ртуть	0,01
миш'як	1,0
свинець	0,5
кадмій	0,05

					РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Для отримання якісного дифузійного соку необхідно використовувати буряки, що зберігаються за температури 0–2 °С із підтриманням високої вологості й захистом від підмерзання. Хімічна характеристика цукрових буряків (17,5 % цукрів, 7,5 % нецукрів) та технічні умови на вапняк (мінімум 93 % CaCO₃, не більше 3 % нерозчинних домішок тощо) визначають ефективність процесів дефекації і карбонізації. Фільтрувальна тканина й дезінфікуючі засоби (формалін, хлорне вапно, SO₂) мають витримувати високу температуру, широкий діапазон рН і забезпечувати безпеку й чистоту технологічних середовищ. Застосування реагентів—соди, тринатрійфосфату, флокулянтів, антинакипінів і ПАР—дозволяє контролювати лужність, покращувати відстоювання осадів і знижувати утворення накипу.

Показники витрат сировини й матеріалів на Жданівському цукровому заводі підтверджують, що фактичне споживання відповідає нормативним нормам. Кристалічний цукор має відповідати ДСТУ 4623:2006/2023 за органолептичними, фізико-хімічними й мікробіологічними критеріями, а також щодо вмісту токсичних елементів (за МБВ № 5061). Така комплексна система контролю сировини, технологічних реагентів та якості готового цукру забезпечує стабільність виробництва та відповідність продукції чинним галузевим стандартам.

					РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1. Вихідні дані до технологічних розрахунків

Таблиця 4.1

Дані до технологічних розрахунків

Показник	Величина
Вміст цукру в буряках	16,33 % д. м.
Відкачка дифузійного соку	120,0 %
Втрати цукру (визначені):	
– у жомі	0,260 %
– у фільтраційному осаді I сатурації	0,175 %
– у фільтраційному осаді II сатурації	0,010 %
Втрати цукру (невизначені):	
– надивузії	0,150 %
– при фільтруванні соку I сатурації	0,020 %
– при фільтруванні соку II сатурації	0,010 %
– у пісківо-вапнякових відходах	0,010 %
– у випарній установці	0,100 %
– у аміачній воді	0,010 %
– у варочно-кристалізаційному відділенні	0,100 %
– інші	0,050 %
Витрати СаО:	
– на преддефекацію	0,25 %
– на холодну основну дефекацію	1,50 %
– після гарячої дефекації, на дефекацію перед II сатурацією	0,25 %
Ефект очистки:	
– на I дефекосатурацію	29,40 %
– на II дефекосатурацію	10,00 %
Випарювання води:	
– на I дефекосатурацію	3,00 %
– на фільтрах ФіЛС (відстійниках)	0,50 %
– на вакуум-фільтрах	1,20 %
– при контрольній фільтрації соку II сатурації	0,50 %
– на сульфитації	0,25 %
– при фільтруванні після сульфитації	0,25 %

Таблиця 4.2

Таблиця якості продуктів

Продукт	СР (%)	Чистота (%)	Кислотність (%)	Лужність (%)
Сік дифузійний	—	87,90	0,03	—
Сік I сатурації	—	—	—	0,09

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	39

Утфель I кристалізації	92,00	—	—	—
I відтік I кристалізації	82,20	83,90	—	—
II відтік I кристалізації	76,80	90,50	—	—
Утфель II кристалізації (зварений)	93,00	—	—	—
Утфель II кристалізації (при центрифугуванні)	91,00	—	—	—
Жовтий цукор II кристалізації	98,00	97,50	—	—
I відтік II кристалізації	83,70	74,90	—	—
II відтік II кристалізації	80,00	79,00	—	—
Утфель III кристалізації (зварений)	93,50	—	—	78,00
Утфель III кристалізації (при центрифугуванні)	91,00	—	—	78,00
Жовтий цукор III кристалізації	97,00	93,70	—	—
Афінаційний утфель	90,00	89,80	—	—
Цукор-афінад	98,00	96,00	—	—
Афінаційний відтік	82,00	80,80	—	—
Меляса заводська	83,50	58,00	—	—

Таблиця 4.3

Зведена таблиця продуктів

№	Продукт	Кількість, % д. м.	СР (%)	Сх (%)	Чистота (%)
1	Буряк	100,00	—	16,33	—
2	Дифузійний сік	130,00	13,93	12,25	87,90
3	Сік попередньої дефекації	141,23	—	—	—
4	Сік холодної основної дефекації	148,62	—	—	—
5	Сік після гарячої дефекації	151,08	—	—	—
6	Нефільтрований сік I сатурації	149,73	—	—	—
7	Фільтрований сік I сатурації	138,03	12,51	11,39	91,04

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

8	Сік перед II сатурацією	139,26	—	—	—
9	Нефільтрований сік II сатурації	139,05	—	—	—
10	Фільтрований сік II сатурації	138,55	12,29	11,33	92,20
11	Фільтрований сульфітований сік	138,05	12,33	11,37	92,20
12	Сік на ВУ	132,70	12,33	11,37	92,20
13	Сироп з ВУ	25,00	65,00	59,89	92,15
14	Загальний сироп	38,41	65,00	60,86	93,63
15	Утфель I кристалізації	27,00	92,00	86,02	93,50
16	I відток I кристалізації	9,53	82,20	68,97	83,90
17	II відток I кристалізації	4,37	76,80	69,50	90,50
18	Вміст сахарози в білому цукрі-піску	13,61	100,00	100,00	100,00
19	Білий цукор-пісок товарний	13,67	99,86	99,61	99,75
20	Утфель II кристалізації (зварений)	8,76	93,00	80,56	86,62
21	Утфель II кристалізації (при центрифугуванні)	8,96	91,00	78,82	86,62
22	Жовтий цукор II кристалізації	4,12	98,00	95,55	97,50
23	I відток II кристалізації	3,67	83,70	62,69	74,90
24	II відток II кристалізації	1,30	80,00	63,20	79,00
25	Утфель III кристалізації (зварений)	7,64	93,50	72,93	78,00
26	Утфель III кристалізації (при центрифугуванні)	7,85	91,00	70,98	78,00

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					41	

27	Жовтий цукор III кристалізації	4,12	97,00	90,89	93,70
28	Афінаційний утфель	7,82	90,00	80,82	89,80
29	Цукор-афінад	3,93	98,00	94,08	96,00
30	Афінаційний відтік	3,69	82,00	66,26	80,80
31	Меляса заводська	3,76	83,50	48,43	58,00
32	Меляса умовна	3,69	85,00	49,30	58,00
33	Клеровка	13,40	65,00	62,66	96,41

4.2 Продуктовий розрахунок.

1. Дифузійна установка

Коефіцієнт переходу кристалів із стружки в дифузійний сік розраховують так:

Загальний вміст сухих речовин $C_p = 16,33 - 0,26 - 0,15 = 15,92 \%$

Поляризація соку $C_x = (15,92 / 87,90) \cdot 100 = 18,11 \%$

Нецукрів НЦР = $18,11 - 15,92 = 2,19 \%$

Чистота Ч = $(15,92 / 18,11) \cdot 100 = 87,90 \%$

2. Попередня дефекація

На цій стадії до соку додають 0,25 % СаО до маси буряків разом із 10 % згущеної суспензії.

Витрата молока вапна:

$0,25 \cdot 100 / 20,3 = 1,23 \%$

Загальна кількість преддефекованого соку:

$130 + 0,25 + 1,23 = 131,48 \%$

3. Основна дефекація

Холодна дефекація: у сік надходить 1,5 % СаО.

Витрата молока в апарат: $1,5 \cdot 100 / 20,3 = 7,39 \%$

Загалом у апараті: $131,48 + 7,39 = 138,87 \%$

Гаряча дефекація: до вихідного соку додають ще 0,5 % СаО.

Витрата молока: $0,5 \cdot 100 / 20,3 = 2,46 \%$

Отже, кількість соку після нагріву: $138,87 + 2,46 = 141,33 \%$

4. Перша сатурація

Після обробки СО₂ сік I сатурації досягає лужності 0,09 % СаО (рН ≈ 11,2), при цьому залишається певна кількість вапна.

$$\frac{120 \cdot 0,03}{1,065} + \frac{141,33 - 3 \cdot 0,09}{1,09} / 100 = 0,16$$

Утилізація вапна в осаді I сатурації

2,25 % СаО – 0,16 % СаО = 2,09 % СаО

Розрахунок дози СО₂ для осадження СаСО₃

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За співвідношенням мас: 56 → 44

$$x = (2,09 \times 44) / 56 = 1,64\% \text{ CaO}$$

Об'єм нецукрів у осаді

$$\text{НЦР} = 2,19\% \times 27\% = 0,60\%$$

Загальна маса осаду

$$2,09\% + 1,64\% + 0,60\% = 4,33\%$$

Нефільтрований сік після I сатурації

$$141,33\% + 1,64\% - 3\% = 139,97\%$$

5. Фільтрація соку I сатурації

Припускаємо, що після відстоювання або фільтрації в осаді залишається 18 % твердої фази.

Тоді обсяг суспензії, що надходить на вакуум-фільтр (або прес), становить:

$$V = (4,33 \times 100) / 18 = 24,05 \text{ дм}^3$$

З урахуванням повернення 10 % суспензії на попереднє вапнування:

$$24,05\% - 10\% = 14,05\%$$

Освітлений сік:

$$139,97\% - 24,05\% - 0,5\% \text{ (витрати на контр фільтрування)} = 115,42\%$$

Вода на промивання осаду

$$\text{Загальна маса осаду } (4,33\% + 0,175\%) \times 2 = 9,05\%$$

$$\text{Витрата води: } 9,05\% \times 200\% = 18,10\%$$

Фільтрований сік із вакуум-фільтрів:

$$14,05\% - 9,05\% + 18,10\% - 1,2\% = 12,85\%$$

Сукупний обсяг фільтрованого соку I сатурації:

$$115,42\% + 12,85\% = 128,27\%$$

$$\text{Після контрольного фільтрування: } 128,27\% - 0,5\% = 127,77\%$$

Склад сухих речовин у соку I сатурації

$$\text{Цукри: } Ц = 15,92\% - 0,175\% - 0,01\% - 0,02\% = 15,715\%$$

$$\text{Нецукри: } \text{НЦР} = 2,19\% - 0,60\% = 1,59\%$$

$$\text{Загальний вміст сухих речовин: } C_x = 15,715\% + 1,59\% = 17,305\%$$

Таким чином, сухі речовини в соку першої сатурації становлять 17,305 %.

Аналіз соку I сатурації.

$$C_x = \frac{15,715 \times 100}{128,27} = 12,25\%$$

$$C_p = \frac{17,305 \times 100}{128,27} = 13,49\%$$

$$Ч = \frac{12,25 \times 100}{13,49} = 90,80\%$$

6. Друга сатурація

У дефекатор перед II сатурацією додають 0,25 % CaO від маси буряків. В перерахунку на вапняне молоко це становить

$$0,25 \times 100 / 20,3 = 1,23\%$$

Загальний об'єм соку в цьому апараті:

$$V_{\text{соку}} = 128,27 + 1,23 = 129,50$$

Сумарна концентрація CaO в соку II сатурації:

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$0,25 + \frac{128,27 * 0,09}{1,056 * 100} = 0,36 \%$$

Після досягнення заданої лужності весь кальцій має осісти, тому залишкова лужність забезпечується Na_2CO_3 та K_2CO_3 .

Щоб осадити 0,36 % CaO , потрібно подати CO_2 :

$$V_{\text{CO}_2} = 0,36 \times 4456 = 0,28\%$$

Об'єм соку після сатурації:

$$V_{\text{соку}} = 129,50 + 0,28 = 129,78\%$$

Об'єм нецукрів, що переходять в осад (НЦР = 2,19 % × 10 %):

$$V_{\text{НЦР}} = 2,19 \times 10 / 100 = 0,219\%$$

Загальна маса осаду:

$$M = 0,36 + 0,28 + 0,219 = 0,859\%$$

При вологості осаду 50 % та враховуючи залишкові домішки (0,01 %) обсяг промивки:

$$(0,859 + 0,01) \times 2 = 1,738\% \approx 1,73\%$$

Вода для промивання:

$$V = 1,73 \times 200 / 100 = 3,46\%$$

Кількість соку II сатурації

$$V = 129,78 - 1,73 + 3,46 / 2 - 0,5 = 129,54\%$$

У кінцевий фільтрований сік II сатурації переходить:

Цукри:

$$C_x = 15,715 - 0,01 - 0,01 = 15,695\%$$

Нецукри:

$$\text{НЦР} = 1,73 - 0,219 = 1,511\%$$

Сухі речовини загалом:

$$C_p = 15,695 + 1,511 = 17,206$$

Проведення Аналізу соку II сатурації.

$$C_x = \frac{15,695 * 100}{129,54} = 12,11 \%$$

$$C_p = \frac{17,22 * 100}{129,54} = 13,29\%$$

$$C = \frac{12,11 * 100}{13,29} = 91,12 \%$$

7. Сульфітація

При сульфітації знижується лужність і інтенсивність забарвлення соку.

Тому обсяг фільтрованого сульфітованого соку розраховується так:

$$129,54 - 0,25 - 0,25 = 129,04\%$$

Поляризація (C_x) залишається на рівні 15,695 %, а загальний вміст сухих речовин (C_p) — 17,22 %.

Проведення аналізу сульфітованого соку.

$$C_x = \frac{15,695 * 100}{129,04} = 12,16 \%$$

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_p = \frac{17,22 * 100}{129,04} = 13,34 \%$$

$$Ч = \frac{12,16 * 100}{13,34} = 91,15 \%$$

8. Меляса

Оскільки чистота вихідного сиропу та соку перед випарною установкою співпадає (видалені в осад НЦР компенсуються за рахунок розкладу сахарози), припускаємо, що вся сахароза та розчинені НЦР надходять у мелясу.

Поляризація:

$$C_x = 15,695 - 0,1 - 0,01 = 15,585\%$$

Вміст сухих речовин:

$$C_p = 15,585 / 91,15 * 100 = 17,10\%$$

Нецукри в мелясі:

$$НЦР = 17,10 - 15,585 = 1,515\%$$

Втрати сахарози в мелясі (% до маси буряків):

$$C_x = \frac{1,515 * 58}{100 - 58} = 2,121 \% \text{ до м.б.}$$

$$C_p = 1,515 + 2,121 = 3,636\% \text{ до м.б.}$$

І кількість заводської меляси складає:

$$X = \frac{3,636 * 100}{83,5} = 4,354\%$$

Проведення аналізу заводської меляси.

$$C_x = \frac{85,3 * 58}{100} = 48,43 \%$$

Кількість умовної меляси

$$C_p = \frac{4,354 * 83,5}{85} = 4,277 \%$$

Склад у. меляси, $C_p = 85$

$$C_x = \frac{85 * 58}{100} = 49,3 \%$$

$$Ч = 58$$

9. Утфелю третьої кристалізації

Для утфелю третьої кристалізації вміст сухих речовин позначимо через x та складімо баланс сахарози:

$$X = \frac{-3,636 * 93,70 + 212,1}{78 - 93,7} = 8,04 \%$$

У утфелі третьої кристалізації на 100 частин припадає 95 % сухих речовин, чистота становить 78 %. Поляризацію розраховуємо за формулою:

$$C_x = 8,04 * 78 / 100 = 6,26\%$$

Долю звареного утфелю третьої кристалізації обчислюють за формулою:

$$X = (8,04 * 100) / 93,5 = 8,59 \%$$

Проведення аналізу звареного утфелю третьої кристалізації

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сухі речовини (Ср) = 93,5 %

Чистота (Ч) = 78 %

Поляризацію (Сх) розраховуємо так:

$$C_x = (93,5 \cdot 78) / 100 = 72,93 \%$$

10. В жовтому цукрі міститься після центрифугування утфелю III кристалізації

Сухі речовини:

$$8,04 - 3,636 = 4,403\%$$

Поляризація:

$$6,26 - 2,121 = 4,139\%$$

Об'єм жовтого цукру III кристалізації:

$$x = 4,403 \times 100 / 97,0 = 4,54\%$$

Для готового жовтого цукру III кристалізації за аналізом маємо:

Сухі речовини (Ср) = 97,0 %

Чистота (Ч) = 93,70 %

$$C_x = 97,0 \times 93,70 / 100 = 90,89\%$$

11. Афінаційний утфель.

При центрифугуванні афінаційного утфелю утворюються два потоки: афінаційний відтік із розведеними сухими речовинами (Срз = 72...76 %) та цукор-афінад. Щоб знайти масову долю відтоку x (%), складаємо баланс сухих речовин у афінаторі:

$$4,403 + \frac{(4,53 + x)90}{100} = 4,07 \%$$

$$C_p = \frac{4,07 \cdot 82,0}{100} = 3,337 \%$$

$$C_x = \frac{3,337 \cdot 83,9}{100} = 2,799 \%$$

У афінаційному утфелі загальна масова частка сухих речовин і поляризація обчислюються так:

$$C_p = 3,337 + 4,403 = 7,74 \%$$

$$C_x = 2,799 + 4,139 = 6,93 \%$$

Відповідно, частка афінаційного утфелю в загальному потоці:

$$x = (7,74 \times 100) / 90 = 8,6 \%$$

Проведення аналізу афінаційного утфелю

Поляризацію перевіряємо:

$$C_x = (90,0 \times 89,8) / 100 = 89,82 \%$$

12. Баланс сухих речовин у цукрі-рафінаді

Позначимо через x масову частку цукру-афінаду. Тоді баланс поляризації після центрифугування:

$$6,93 = (x \times 96) / 100 + ((7,74 - x) \times 80,52) / 100$$

$$x = 4,511 \%$$

У цукрі-афінаді поляризація становить:

$$C_x = (4,511 \times 96) / 100 = 4,330 \%$$

А частка цукру-афінаду в загальному потоці:

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x = (4,511 \times 100) / 98 = 4,61 \%$$

Склад цукру-афінаду (за аналізом):

Сухі речовини: 98 %

Чистота: 96 %

Поляризація:

$$C_x = (98 \times 96) / 100 = 94,08 \%$$

13. *Афінаційний відтік*

Сухі речовини:

$$C_x = 7,74 - 4,511 = 3,229$$

Поляризація:

$$C_p = 6,93 - 4,330 = 2,599$$

Кількість афінаційного відтоку

$$100 \cdot 3,229 / 82 = 3,937$$

Склад відтоку (за аналізом):

Сухі речовини: 82 %

Чистота: 80,5 %

Поляризація:

$$C_x = \frac{82 \cdot 80,5}{100} = 66,01 \%$$

14. *Баланс для утфелю III кристалізації зі змішаних відтоків:*

Позначимо сухі речовини II відтоку через x , а I відтоку — через y . Тоді:

1.

$$x + y + 3,229 = 8,04 \Rightarrow x = 4,811 - y$$

Баланс поляризації:

$$C_x = \frac{79,0 \cdot x}{100} = \frac{74,90 \cdot y}{100} + 2,599 = 6,26\%$$

Підставивши $x = 4,811 - y$ та розв'язавши систему, отримуємо:

$$y = 3,10\%, \quad x = 1,711\%$$

15. *Склад II відтоку II кристалізації:*

Сухі речовини: $x = 1,711\%$

Поляризація:

$$1,711 \times 79,0 / 100 = 1,350\%$$

Доля відтоку:

$$1,711 \times 100 / 80 = 2,138\%$$

За аналізом:

Сухі речовини: 80 %

Чистота: 79,0 %

Поляризація:

$$80 \times 79,0 / 100 = 63,2\%$$

16. *I відтік II кристалізації:*

Сухі речовини (C_p): 3,10 %

Чистота (C): 74,9 %

Поляризація (C_x):

$$C_x = 3,10 \times 74,9 / 100 = 2,32\%$$

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Доля відтоку (x):

$$3,10 \times 10083,7 = 3,703\%$$

Аналіз скл. I відтоку II кристалізації:

$$C_p = 83,7\%$$

$$Ч = 74,9\%$$

$$C_x = 83,7 \times 74,9 / 100 = 62,69\%$$

17. Білий цукор-пісок:

$$C_p = 100 - 0,14 = 99,86\%$$

Поляризація переходить у цукор:

$$15,585 - 0,1 - 0,05 - 2,121 = 13,314\%$$

Скоригована C_x :

$$13,314 / 99,75 = 13,374\%$$

Частка цукру-піску (x):

$$13,374 \times 100 / 99,86 = 13,392\%$$

Аналіз цукру-піску готового:

$$C_p = 99,86\%$$

$$Ч = 99,75\%$$

$$C_x = 99,86 \times 99,75 / 100 = 99,61\%$$

18. II відтік I кристалізації:

Припускаємо, що це 32 % утфелю при центрифугуванні.

Кількість сухих речовин у відтоці:

$$C_x = 13,392 \times 32 / 100 = 4,285\%$$

Частка відтоку (x):

$$76,8 \times 4,285 / 100 = 3,290\%$$

Поляризація (C_x):

$$3,290 \times 90,5 / 100 = 2,97\%$$

Аналіз скл. II відтоку I кристалізації:

$$C_p = 76,8\%$$

$$Ч = 90,5\%$$

$$C_x = 76,8 \times 90,5 / 100 = 69,50\%$$

19. Баланс для утфелю II кристалізації та жовтого цукру II кристалізації

Нехай x% сухих речовин із I відтоку I кристалізації надходить на уварювання утфелю II кристалізації. Тоді рівняння балансу поляризації має вигляд:

$$\frac{x * 83,9 + 2,87}{100} = \frac{(x + 3,290) + (1,711 + 3,10) * 97,5}{100} + 1,3507 + 2,32$$

Розв'язавши це рівняння, знаходимо

$$x = 6,53\%$$

Аналіз скл. утфелю II кристалізації

Загальний вміст сухих речовин:

$$3,290 + 6,53 = 9,82\%$$

Поляризація:

$$2,977 + 6,53 \times 83,90 / 100 = 8,455\%$$

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частка утфелю:

$$9,82 \times 100 / 93,0 = 10,55\%$$

Аналіз готового утфелю II кристалізації

$$\text{Сухі речовини (Ср)} = 93,0 \%$$

$$\text{Чистота (Ч)}: 8,4559,82 \times 100 = 86,20\%$$

$$\text{Поляризація (Сх)}: 93,0 \times 86,20 / 100 = 80,16\%$$

Склад жовтого цукру II кристалізації:

Сухі речовини:

$$9,82 - 1,711 - 3,10 = 5,01\%$$

$$8,455 - 1,350 - 2,320 = 4,785\%$$

Масова частка жовтого цукру II кристалізації:

$$x = 5,01 \times 100 / 98 = 5,112\%$$

$$\text{Сухі речовини (Ср)} = 98 \%$$

$$\text{Чистота (Ч)} = 97,5 \%$$

$$\text{Поляризація (Сх)}: 97,5 \times 98,0 / 100 = 95,55\%$$

20. Клеровка жовтих цукрів

Використовується сульфатований сік із характеристиками: Ср = 13,34 %, Сх = 12,16 %, Ч = 91,15 %.

Позначимо через x% обсяг соку, що надходить на клеровку. Баланс сухих речовин дає:

$$4,511 + 5,01 + \frac{x * 13,34}{100} = \frac{(4,61 + 5,112 + x)}{100} = 6,197\%$$

$$X = 6,197\%$$

У клеровк з цього соку переходить:

$$Cp = \frac{6,197 * 13,34}{100} = 0,826 \%$$

$$Cx = \frac{6,197 * 12,16}{100} = 0,753 \%$$

Загальний склад клеровки:

$$Cp = 4,511 + 5,01 + 0,826 = 10,347\%, Cx = 4,330 + 4,785 + 0,753 = 9,868\%.$$

Масова частка клеровки в продукції:

$$4,61 + 5,112 + 6,197 = 16,109$$

Аналіз клеровки:

$$\text{Сухі речовини (Ср)} = 65 \%$$

$$\text{Поляризація (Сх)} = 9,868 \times 100 / 16,10 = 61,29\%.$$

$$\text{Чистота (Ч)} = 61,2965 \times 100 = 94,29\%.$$

21. Сік на випарну установку (ВУ):

Після клеровки об'єм соку, що надходить на ВУ, становить
 $129,54 - 6,197 = 123,343\%$

У ньому міститься:

$$Cp = 17,22 - 0,856 = 16,364\%, Cx = 15,695 - 0,753 = 14,942\%.$$

Сироп із ВУ:

Після випаровування концентрація в сиропі:

$$Cp = 16,364 - 0,1 - 0,01 = 16,254\%, Cx = 14,942 - 0,1 - 0,01 = 14,832\%.$$

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Доля соку, що перетворюється на сироп:

$$x=16,254 \times 100/65=25,006\%$$

Аналіз готового сиропу:

Сухі речовини $C_p = 65\%$

Поляризація в сиропі: $14,832 \times 100/25,006=59,313\%$.

Чистота: $59,31365 \times 100=91,25\%$.

Загальний сироп

Утворюється сумішшю сиропу з ВУ та клеровки. Його склад сухих речовин і поляризації:

$$C_p=16,254+10,347=26,601\%, C_x=14,942+9,868=24,810\%$$

Масова частка загального сиропу:

$$x=25,006+16,10=41,106\%$$

Аналіз:

$$C_p = \frac{26,601 * 100}{41,106} = 64,713\%$$

$$C_x = \frac{24,81 * 100}{41,106} = 60,356\%$$

$$Ч = \frac{60,356}{64,713 * 100} = 93,267\%$$

22. *I відтік I кристалізації*

Сухі речовини відтоку складаються з двох частин:

$$C_p=6,53+3,337=9,867\%$$

Його масова частка:

$$C_p = \frac{9,867 * 83,9}{100} = 8,278\%$$

Аналіз складу:

$$C_p=82,2 \times 83,9/100=68,965\%, Ч=83,9\%$$

23. *Утфель I кристалізації*

Сумарні сухі речовини:

$$C_p=9,867+3,290+13,374=26,531\%, C_x=8,278+2,97+13,314=24,562\%$$

Масова частка утфелю:

$$x=26,531 \times 100/92,0=28,838\%$$

Аналіз:

$$C_x=24,562 \times 100/28,838=85,172\%, Ч=85,172/92,0 \times 100=92,57\%$$

Масова частка утфелю: $X=85,172$

Перевірка поляризації утфелю за балансом сиропів із ВУ та клеровки:

$$C_x=14,832+9,868-0,1-0,05=24,55\%$$

Баланс сухих речовин

$$\Delta=24,562-24,55=0,012\%$$

4.3. Розрахунок витрат допоміжних та пакувальних матеріалів

У процесі виробництва білого цукру буряків, крім паливно-енергетичних ресурсів, застосовують численні допоміжні матеріали, здебільшого — для технологічних потреб. Ці матеріали забезпечують підтримку оптимальних

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрів виробництва, посилюють окремі й допоміжні процеси, нейтралізують небажані побічні явища та готують кінцеву продукцію.

У технологічному процесі виробництва цукру використовують низку допоміжних матеріалів, зокрема: антисептики, піноутворювачі й піногасники, коагулянти й флокулянти, вапняк, інгібітори накипів, фільтрувальні тканини та порошки, ПАР, затравні суспензії й пасти для кристалізаційних ядер, хімічні реагенти (сірка, кальцинована сода, соляна кислота) і пакувальні матеріали (мішки, нитки, папір, стрейч-плівка, шпагат тощо).

Ці матеріали мають відповідати вимогам законодавства з безпеки та якості харчових продуктів, державним стандартам і технічним умовам, санітарним нормам та мати дозвіл санітарно-епідеміологічної служби. Вони не повинні погіршувати якість або безпечність ні товарного цукру, ні побічних продуктів.

На Жданівському цукровому заводі в процесі виробництва застосовуються зазначені групи допоміжних матеріалів:

Вапняк

Загальний обсяг вапняку, необхідний для виробництва, визначається за формулою

$$G=(G_1+G_2+G_3)K$$

де

- G_1 — витрати на переддефекацію,
- G_2 — витрати в основній дефекації,
- G_3 — інші втрати,
- K — коефіцієнт перерахунку.
- Обсяг буряків, запланований до переробки, становить 377 000 т.

Розрахунки дають:

З урахуванням K загальна потреба вапняку становить

$$K = 1.1k \frac{1.786 \times 10^6}{B(100 - W)\sigma} = 1.1 \times 1.1 \frac{1.786 \times 10^6}{93(100 - 1.2)95} = 2.05$$

$$K=100+M/100=1,1$$

$$G_1=2.35 \times 377000/100= 8859.5 \text{ т.}$$

$$G_2 = 0,11 \times 377000 = 414,7 \text{ т.}$$

$$G_3 = 0,0 \text{ т.}$$

$$G = (8859,5+414,7+0,0) K=19012,11\text{т.}$$

Піногасники

Норма витрати KIS (Кебоспум) на одну тунну.

Для пригнічення піноутворення в технологічному процесі використовують два препарати.

Кебоспум KIS дозується в кількості 20 г на 1 т буряків.

При запланованому обсязі переробки 377 000 т обчислюється так:
 $20 \text{ г/т} \times 377 \text{ 000 т} = 7 \text{ 540 000 г} = 7,54 \text{ т.}$

Антиспумін HE вноситься дозою 15 г на 1 т буряків.

Загальна витрата при тій самій масштабі переробки:

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$15 \text{ г/т} \times 377\,000 \text{ т} = 5\,655\,000 \text{ г} = 5,65 \text{ т.}$$

Коагулянти

Для поліпшення осадження використовуються такі полімерні реагенти: Magnafloc LT20–LT27 нормою 5 г на 1 т буряків. При обсязі 377 000 т витрата становить:

$$5 \text{ г/т} \times 377\,000 \text{ т} = 1\,885\,000 \text{ г} = 1,89 \text{ т.}$$

PRAESTOL 2540 TR нормою 4 г на 1 т буряків. При тому ж обсязі переробки:

$$4 \text{ г/т} \times 377\,000 \text{ т} = 1\,508\,000 \text{ г} = 1,51 \text{ т.}$$

Інгібітори накипоутворення

Для захисту поверхонь від відкладень застосовуються такі добавки:

Антипрекс ССЦ з нормою 40 г на 1 т буряків. При переробці 377 000 т витрата становить:

$$40 \text{ г/т} \times 377\,000 \text{ т} = 15\,080\,000 \text{ г} = 15,08 \text{ т.}$$

Диспінхіб 10 СП з нормою 30 г на 1 т буряків. При тих же обсягах:

$$30 \text{ г/т} \times 377\,000 \text{ т} = 11\,310\,000 \text{ г} = 11,31 \text{ т.}$$

Хімічні реагенти

У технологічному процесі використовуються такі речовини:

Кальцинована сода норма 112 г/т. Для 377 000 т буряків:

$$112 \text{ г/т} \times 377\,000 \text{ т} = 42\,224\,000 \text{ г} = 42,22 \text{ т.}$$

Сірка норма 150 г/т. Для аналогічного обсягу:

$$150 \text{ г/т} \times 377\,000 \text{ т} = 56\,550\,000 \text{ г} = 56,55 \text{ т.}$$

Фільтрувальні тканини

Дискові фільтри для соку II сатурації

Норма 1,8 м.п. на 1000 т буряків. Витрата ткан. для 377 000 т:

$$1,8 \times 377 = 678,6 \text{ м.п.}$$

Вакуум-фільтри

Норма 2,6 м.п. на 1000 т буряків. Витрата для того ж обсягу:

$$2,6 \times 377 = 980,2 \text{ м.п.}$$

Дискові фільтри для сиропу

Норма 4,2 м.п. на 1000 т буряків. Витрата для 377 000 т:

$$4,2 \times 377 = 1\,583,4 \text{ м.п.}$$

Висновок

У розділі наведено детальні розрахунки виходу всіх основних стадій виробництва цукру — від дифузії та дефекації до сатурації, фільтрації, сульфитації та кристалізації. Виконані продуктні баланси підтвердили відповідність фактичних показників (Ср, Сх, чистота) нормативним значенням і забезпечили повноту розуміння втрат цукрози на кожному етапі. Також розраховані витрати допоміжних матеріалів та реагентів (вапняку, піногасників, коагулянтів, інгібіторів накипу, хімреагентів, фільтрувальних тканин), що дозволяє оптимізувати їх використання та дотримати санітарно-гігієнічні вимоги. Комплекс цих розрахунків забезпечує націленість технологічного процесу на максимальний вихід якісного білого цукру з мінімальними втратами та ресурсозбереженням.

					РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ПЛОЩ ПРИМІЩЕНЬ

Щоби визначити площі виробничих і складських приміщень цукрового заводу, необхідно врахувати місце для всього технологічного обладнання, обсяги продукції та сировини, а також число працівників для побутових та санітарних кімнат (на кожного — 2 м²).

Для зберігання коренеплодів Жданівський завод використовує відкриті кагати на заводському полі площею 110 000 м² (із них 58 000 м² із твердим покриттям). Польові кагати мають поперечний переріз у формі трапеції: основа — 6 м, вершина — 2,5...3,0 м, висота — 1,5...1,75 м, довжина — 10 м.

Загальну площу складського приміщення розраховують за формулою

$$S_{\text{заг}} = P \cdot 100 / N \cdot (100 - K_{\text{вп}})$$

де $S_{\text{заг}}$ — площа складу, м²;

P — маса прод., кг;

N — навантаження, кг/м²;

$K_{\text{вп}}$ — коефіцієнт врахування вільних проходів, %.

На Жданівському цукровому заводі організовано такі склади:

- Вапняк зберігається на твердому майданчику площею 3 500 м².
- Тверде паливо розміщене на відкритій ґрунтовій площадці площею 2 000 м².
- Жом накопичується в траншеї розмірами 107 м у довжину, 56 м у ширину та 5 м у глибину.
- Цукор зберігається в чотирьох вентиляваних приміщеннях: склад № 1 — 2 349,2 м², № 2 — 1 205,9 м², № 3 — 1 010,6 м², № 4 — 415,5 м².
- М'яса утримується у двох резервуарах.

Усі виробничі підрозділи — бурякопереробне, сокоочисне, продуктове, лабораторія, сушильня жому, цех сушіння та пакування цукру — розміщені в головному корпусі розмірами 350 × 48 м з висотою 25,2 м. До нього приєднані блок ТЕЦ та власний склад готового цукру.

Упакований цукор зберігають у складах, розташовуючи його штабелями заввишки залежно від виду тари: до 36 рядів — кристалічний цукор і шампанська сахароза в тканинних або поліпропіленових мішках; до 24 рядів — кристалічний цукор в мішках з поліетиленовою підкладкою; до 4 м — цукор у 25-кілограмових мішках і транспортних пакетах; до 2 м — пресований цукор та пудра в картонних ящиках або мішках. Температура в складах не має перевищувати 40 °С, а відносна вологість — 70 % на рівні нижнього ряду упакованого цукру; у силосах без упаковки — не вище 60 %.

Штабелі формують із однорідного за категоріями вантажу в упаковці єдиного типу та стандартної маси, розташовуючи мішки горловиною всередину. Кожному штабелю прикріплюють етикетку з найменуванням і категорією цукру, видом тари, кількістю місць, датою виготовлення, нетто-масою, нормативним документом і основними якісними показниками. У

					РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ПЛОЩ ВИРОБНИЧИХ І СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

роздрібних і оптових базах додатково зазначають постачальника, номер вагона й накладної, дату прибуття та реквізити якості.

Вапнякове відділення, бурякомийка, склад допоміжних матеріалів та механічна майстерня вміщені в корпус розмірами 130 × 48 × 19,35 м. Сокоочисне відділення, площею, розрахованою за нормою на тонну сировини, розташовано в будівлі 305 × 353,4 × 15,0 м.

Висновок

У цьому розділі обґрунтовано підходи до визначення площ усіх виробничих, складських і побутових приміщень заводу з огляду на технологічне обладнання, обсяги сировини та продукції, а також чисельність персоналу. Окремо розглянуто відкриті поле-кагати для буряків із заданими геометричними параметрами, закриті склади для вапняку, палива, жому, цукру і меляси, а також центральний корпус із усіма виробничими підрозділами. Встановлені норми укладання штабелів, мікрокліматичні вимоги до зберігання цукру й порядок маркування вантажів гарантують збереження якості готової продукції та дотримання санітарних норм. Застосована формула розрахунку складських площ дозволяє оптимізувати використання території й забезпечити безперебійність технологічного процесу.

					РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ПЛОЩ ВИРОБНИЧИХ І СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ

Продуктивність карбонізатора «1А»

Визначається за формулою

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

V — загальний об'єм сатуратора (м³),

$\varphi=0,4$ — коефіцієнт заповнення,

ρ — густина переддефектованого соку (кг/м³),

a — відсоток переддефектованого соку від маси буряків,

$\tau=5$ хв — час перебування соку в апараті.

При цих параметрах технічна продуктивність становить близько 9221,41 т буряків на добу.

$$A = \frac{1440 \cdot 80 \cdot 1060}{10 \cdot 158,62 \cdot 15} = 5132,2 \text{ т/добу}$$

Апарат основної defeкації (хол. ступінь)

Продуктивність визначається за формулою:

$$A = \frac{1440 \cdot 110 \cdot 1080 \cdot 0,85}{10 \cdot 158,62 \cdot 10} = 9167,26 \text{ т/добу}$$

Апарат О.Д. (гар ступінь):

Продуктивність визначається за формулою:

$$A = \frac{1440 \cdot 50 \cdot 1080 \cdot 0,85}{10 \cdot 158,62 \cdot 10} = 4166,93 \text{ т/добу}$$

Апарат 1 сатурації:

Продуктивність визначається за формулою:

$$A = \frac{1440 \cdot 105 \cdot 1090 \cdot 0,4}{10 \cdot 156,62 \cdot 10} = 4209,11 \text{ т/добу}$$

Апарат 2 сатурації:

Продуктивність визначається за формулою:

$$A = \frac{1440 \cdot 90 \cdot 1060 \cdot 0,4}{10 \cdot 119,18 \cdot 10} = 4610,64 \text{ т/добу}$$

Розрахунок технічної продуктивності мішалки

Визначають за формулою:

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

де V — повний об'єм мішалки, м³;

φ — коефіцієнт заповнення мішалки;

ρ — густина продукту, % до маси буряків;

τ — тривалість перебування продукту в мішалці, хв.;

Мішалка суспензії:

$$V = \frac{4000 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 20}{1440 \cdot 0,8 \cdot 1180} = 12,1 \text{ м}^3$$

Тобто беремо 2 мішалки $h = 2,0$ м

					РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Технічна продуктивність трубопроводу

Загальна формула для технічної продуктивності (в т/добу):

$$A = \frac{86400 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot u \cdot \rho}{10 \cdot 4 \cdot K \cdot a}, \text{ звідси } D = \sqrt{\frac{A \cdot 10 \cdot 4 \cdot K \cdot a}{86400 \cdot \pi \cdot u \cdot \rho}};$$

A — добова маса, т/добу;

ρ — густина продукту, кг/м³;

u — швидкість руху продукту, м/с;

86400 — кількість секунд у добі (переводу добової маси в витрату кг/с);

1000 — множник переводу тонн у кілограми.

Трубопровід всмоктувальний для переддефекаційного соку

Продуктивність визначається за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4000 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 158,62}{86400 \cdot 3,14 \cdot 0,7 \cdot 1060}} = 0,12 \text{ м}$$

Трубопровід нагнітальний для переддефекаційного соку

Продуктивність визначається за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4000 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 158,62}{86400 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 1060}} = 0,74 \text{ м}$$

Трубопровід всмоктувальний для соку I сатурації

Продуктивність визначається за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4000 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 20}{86400 \cdot 3,14 \cdot 0,7 \cdot 1180}} = 0,014 \text{ м}$$

Трубопровід нагнітальний для соку I сатурації

Продуктивність визначається за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4000 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 20}{86400 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 1180}} = 0,0083 \text{ м}$$

Розрахунок насосів

Розраховуємо відцентрові насоси за формулою

$$Q = \frac{10 \cdot A \cdot a \cdot k}{24 \cdot \rho},$$

де A — обсяг переробки буряків підприємством за добу, т;

a — частка продукту, що транспортується, у відсотках до маси буряків;

k — коефіцієнт коливання подачі продукту (для рівномірної подачі: k=1;

ρ — щільність перекачуваного середовища, виражена у кг/м³.

Насоси для подачі дифузійного соку у переддефекатор

$$Q = \frac{10 \cdot 4000 \cdot 110 \cdot 1,0}{24 \cdot 1056} = 173,61 \text{ м}^3/\text{год}$$

Беремо 1 насос та ще один резервний.

Насос фільтрованого соку 2 сатурації на підігрівач перед процесом випаровування.

$$Q = \frac{10 \cdot 4000 \cdot 118,18 \cdot 1,0}{24 \cdot 1060} = 185,82 \text{ м}^3/\text{год}$$

					РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

6.1 Специфікація обладнання

Таблиця 6.1

Специфікація обладнання

№	Назва	Позначення	Продуктивність	Габаритні розміри (Д×Ш×В), м	Потужність електродвигунів, кВт
1	Переддефекатор секційний горизонтальний	РЗ-ППД-3	3 м ³ /год (умовно)	3,0 × 1,2 × 1,8	–
2	Мішалка для готування вапняного молока	М-МЛ	0,5 м ³ /цикл	1,2 × 0,8 × 1,5	1,5
3	Дозатор вапняного молока	ДВМ-100	0,1 м ³ /год	0,5 × 0,4 × 0,8	0,5
4	Дозатор нефільтрованого соку 1 сатурації	ДНС I	10 м ³ /год	0,6 × 0,5 × 0,9	0,75
5	Дозатор згущеної суспензії 2 сатурації	ДЗС II	2 м ³ /год	0,6 × 0,5 × 0,9	0,75
6	Насос циркуляційний (дифузійного соку)	НД-1500	8 м ³ /год	0,9 × 0,6 × 0,7	4,0
7	Апарат основної холодної дефекації	Ш1-ПДХ-3	3 м ³ /цикл	2,5 × 1,8 × 1,6	0,75
8	Підігрівач теплообмінний	ППС-120	3 м ³ /год	1,5 × 1,2 × 1,5	–
9	Апарат основної гарячої дефекації	Ш1-ПДГ-3,0	3 м ³ /цикл	2,5 × 1,8 × 1,6	1,1
10	Апарат 1 сатурації («А»-котел)	ПАС-3	3 м ³ /год	2,2 × 1,5 × 1,7	1,1
11	Котел-конденсатор («Б»)	КБ-2,5	2,5 м ³ /год	2,0 × 1,3 × 1,5	–
12	Збірник нефільтрованого соку 1 сатурації	ЗБС-5	5 м ³ (акумуляція)	2,5 × 1,8 × 1,6	0,55
13	Флокулятор із перемішуванням	ФЛОК-МІХ	1,5 м ³ /год	1,8 × 1,0 × 1,2	1,1
14	Фільтр-згущувач	АМО-90	5 м ³ /год (кожний)	3,0 × 2,0 × 2,5	–
15	Відстійник (перед фільтр-пресами)	ВД-4,0	4 м ³ /цикл	2,2 × 1,6 × 2,2	–
16	Камерний фільтр-прес	КФ-1200М	0,5 м ³ /год (кожний)	4,0 × 2,0 × 2,2	2,2 (насос гідравліки)
17	Стрічковий транспортер	СТ-Т100	0,2 м ³ /год	10,0 × 0,8 × 0,6	1,1
18	Апарат 2 сатурації	АС II-4,0	4 м ³ /год	2,5 × 1,8 × 2,0	–
19	Переливний ящик (після 2 сатурації)	ПЯ-1,2	1,2 м ³ (акумуляція)	1,2 × 0,8 × 1,0	–

20	Відстійник соку 2 сатурації	Ш52-ПО2С-3,0	3 м ³ /цикл	2,5 × 1,8 × 1,6	–
21	Дисковий фільтр для соку 2 сатурації	ДФ-80	2 м ³ /год (кожний)	2,0 × 1,5 × 2,0	–
22	Насос технологічний	НТС-3,5	3,5 м ³ /год	0,7 × 0,5 × 0,6	2,2
23	Сульфитаційна установка	СУЛ-2	2 м ³ /год	2,0 × 1,5 × 1,8	0,55
24	Збірник соку перед випарною станцією	ЗБС-6	6 м ³ (акумуляція)	2,5 × 2,0 × 2,5	1,0
25	Насос підживлення	НП-2,0	2 м ³ /год	0,7 × 0,5 × 0,6	1,5
26	Форсунки у верхній частині апарата 2 сатурації	ФРС-П	–	інтегровані в АС П-4,0	–
27	Дефекатор перед 2 сатурацією (тепловий апарат)	ДП-П	0,5 м ³ /цикл	2,0 × 1,5 × 1,6	0,75
28	Циркуляційна труба з барботером (внутрішня частина 2)	ЦТБ-4	–	інтегрована в АС П-4,0	1,1 (барботаажний насос)
29	Насос повернення відсатурованого соку 1 сатурації	НПВС-І	6 м ³ /год	0,7 × 0,5 × 0,6	2,2
30	Контрольний ящик «А» сатуратора	КЯ-А	–	0,4 × 0,4 × 0,6	–
31	Ввід СО ₂ у 1 сатуратора	ВСО ₂ -І	200 кг/год	0,6 × 0,4 × 0,6	–
32	Контрольний ящик «Б» (після 1 сатурації)	КЯ-Б	–	0,4 × 0,4 × 0,6	–

Висновок

У цьому розділі наведена специфікація ключового устаткування карбонізаційного, дефекаційного, сатураційного, фільтраційного та допоміжного обладнання Жданівського цукрового заводу. Для кожного апарата вказано його продуктивність, габарити та необхідну потужність електродвигунів. Такий детальний перелік дозволяє забезпечити коректний підбір та розміщення машин у технологічній схемі, гарантувати їхню взаємну сумісність та оптимальне енергоспоживання. Зібрані дані слугують основою для подальшого розрахунку загальних технічних потреб заводу й планування виробничих майданчиків.

						РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			58

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

7.1 Основи управління безпечністю харчової продукції НАССР

Програма-передумова означає набір базових умов і заходів, необхідних для забезпечення гігієнічної безпеки на всіх етапах виробництва харчових продуктів. Її впровадження в харчовому ланцюгу — від вирощування цукрових буряків до випуску кінцевого продукту — повинно враховувати всі можливі ризики. При розробці таких програм слід дотримуватися санітарних нормативів, принципів належної виробничої практики (GMP) та гігієнічної практики (GHP). [1]

На Жданівському цукровому заводі реалізовано низку програм-передумов системи НАССР, що наведені в таблиці 7.1:

Таблиця 7.1

Програми передумови

Назва програми-передумови	Мета встановлення	Тип/джерела небезпечного чинника	Застосовувані стандартні санітарні робочі процедури
Управління безпечністю харчових продуктів	Забезпечити коректне маркування та інформування споживачів	Біологічний	Програми та інструкції з обслуговування обладнання
Управління інфраструктурами	Підтримувати стан приміщень і обладнання, захищати продукти від забруднень	Фізичний, хімічний	Схема розміщення виробничих приміщень, будівель та обладнання
Управління комунікаціями	Забезпечити належне планування та стан вентиляції, водопостачання, електропостачання, освітлення	Фізичний	Схема розміщення виробничих приміщень, будівель та обладнання
Заходи щодо запобігання перехресного забруднення	Контроль якості води, пари, допоміжних матеріалів і поверхонь	Біологічний	Програми та інструкції з обслуговування обладнання

Очищення та санітарна обробка	Забезпечити чистоту поверхонь (прибирання, миття, дезінфекцію приміщень і обладнання)	Біологічний	Програми та інструкції з обслуговування обладнання
Здоров'я та гігієна персоналу / відвідувачів	Контроль за здоров'ям та гігієною працівників і гостей	Біологічний	Програми та інструкції з обслуговування обладнання
Видалення відходів	Організувати збір і утилізацію сміття та відходів, запобігти забрудненню продуктів	Фізичний, хімічний	Схема розміщення виробничих приміщень, будівель та обладнання
Контроль шкідників	Запобігти появі і поширенню комах і гризунів	Біологічний	Схема розміщення виробничих приміщень, будівель та обладнання
Використання та зберігання хімічних речовин	Гарантувати безпечне зберігання та застосування токсичних сполук	Хімічний	Програми та інструкції з обслуговування обладнання
Закупівля	Встановити вимоги до постачальників і специфікацій сировини	Біологічний	Схема розміщення виробничих приміщень, будівель та обладнання
Транспортування продукції	Забезпечити умови зберігання й перевезення відповідно до нормативів	Біологічний	Схема розміщення виробничих приміщень та обладнання
Контроль технологічних процесів	Забезпечити моніторинг і контроль ключових	Біологічний	Програми та інструкції з обслуговування обладнання

	параметрів виробництва		
Належна інфраструктура	Підтримувати коректне зонування виробничих, побутових та допоміжних приміщень	Біологічний	Схема розміщення виробничих приміщень, будівель та обладнання

Примітка:

Неправильне розміщення або проектування приміщень ускладнює виконання санітарних процедур і підвищує ризик перехресного мікробіологічного забруднення продукції. Невірне розташування та конструкція обладнання можуть стати джерелом фізичних і хімічних забруднень (пил, металеві частинки тощо).

На Жданівському цукровому заводі впроваджено систему управління безпекою НАССР відповідно до ISO 22000:2019, що охоплює і контролює всі можливі небезпеки на шляху від сировини до готового продукту. [46,1]

7.2 Основи сист. управління якістю. Метрологічне забезпечення та технохімічний контроль виробництва.

Під час аудиту НАССР на Жданівському заводі виявлено такі недоліки:

1. Документація не структурована відповідно до ISO 22000:2019, а низка внутрішніх положень не відповідає вимогам стандарту й нормам законодавства.
2. Склад команди з питань безпеки харчових продуктів не відображає реального функціоналу заводу: відсутні кваліфікаційні вимоги до учасників, досвід у впровадженні НАССР, знання технології та особливостей обладнання й матеріалів.
3. Група НЕ проводить регулярного та оновленого аналізу потенційних небезпечних чинників і відповідних нормативних вимог.
4. За результатами оцінки ризиків не впроваджуються коригувальні заходи, а протоколи засідань відсутні.
5. Відсутні процедури документального оформлення коригувальних дій із урахуванням причин виявлених невідповідностей.

У рекомендаціях щодо вдосконалення системи наголошується на забезпеченні працівників спеціальним одягом, контролі їх особистої гігієни й поведінки, а також облаштуванні зон для паління. Уже запроваджено щотижневий нагляд технологами за процесом фільтрації дифузійного соку й рекомендовано впровадити методику «Управління документацією» та програму «Вилучення продукції з обігу». [46]

Технохімічний контроль, що охоплює дослідження буряків, цукру, напівфабрикатів і побічних продуктів, забезпечує дотримання

					РОЗДІЛ 7. КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ НАССР ТА ISO 9000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

технологічних параметрів на всіх етапах виробництва й дозволяє вести облік перехідної сахарози для досягнення максимального виходу якісного цукру-піску.[46]

Таблиця 7.2

Перелік місць контролю процесу виробництва

Етап процесу	Об'єкт перевірки	Параметр	Метод визначення	Частота перевірок
Попереднє вапнування	Сік перед основним вапнуванням	Лужність	Титрування	Щогодини
		pH	Потенціометрія	
Основне вапнування	Сік основного вапнування	Лужність	Титрування	Щогодини
		pH	Потенціометрія	
Перша карбонізація	Нефільтрований сік	pH	Потенціометрія	Щогодини
		Швидкість осідання осаду	Седиментаційний	
		Сухі речовини	Рефрактометрія	
		Вміст сахарози	Поляриметрія	
	Фільтрований сік	Лужність	Титрування	Щогодини
		Прозорість	Візуальна оцінка	
		pH	Потенціометрія	
Друга карбонізація	Нефільтрований сік	pH	Потенціометрія	Щогодини
		Швидкість осідання осаду	Седиментаційний	
		Сухі речовини	Рефрактометрія	
		Вміст сахарози	Поляриметрія	
	Фільтрований сік	Лужність	Титрування	Щогодини
		Прозорість	Візуальна оцінка	
		pH	Потенціометрія	
Сульфітація	Сульфітований сік	Лужність	Титрування	Щогодини
		pH	Потенціометрія	
		Прозорість	Візуальна оцінка	
		Сухі речовини	Рефрактометрія	
		Вміст сахарози	Поляриметрія	
		Концентрація солей кальцію	Комплексометрія	
	Кольоровість	Фотометрія		

Фільтрація	Осад фільтрації	Вміст сахарози	Поляриметрія	Тричі за зміну
	Промивна вода від фільтрації	Сухі речовини	Рефрактометрія	Що години
Концентрування до сиропу	Сироп	рН	Потенціометрія	Що години
		Сухі речовини	Рефрактометрія	
		Вміст сахарози	Поляриметрія	
		Прозорість	Візуальна оцінка	Двічі за зміну
		Лужність	Титрування	
		Концентрація солей кальцію	Комплексометрія	
		Кольоровість	Фотометрія	

Заходи з метрологічного забезпечення табл. 7.3.

Таблиця 7.3

Метрологічне забезпечення тех. процесу

№	Параметр для контролю	Прилади та обладнання (модель, стандарт/ТУ)	Діапазон вимірювань	Клас точності (похибка)
1	Масова частка сахарози	Цифровий автоматичний сахариметр МСРСUCROMAT; поляриметри СУ-3, СУ-4, СУ-5	-40...100; -40...120	±0,05
2	Масова частка сухих речовин	Рефрактометри УРЛ-1, РПЛ-3,2; рефрактометр РДУ	0...50	±0,1; ±0,04
3	Визначення рН	рН-метри моделей 121, 340, 150 м; ЕВ-74	0...14	±0,02
4	Кольоровість	Колориметр КСМ; фотометри КФК-2	5...100	до 20 – ±1

Висновок

У цьому розділі детально розглянуто систему контролю безпеки та якості на Жданівському цукровому заводі відповідно до принципів НАССР та ISO 9000. Визначено основні програми-передумови, ключові точки технологічного процесу, параметри вимірювань і методи контролю, а також метрологічне забезпечення — вибір приладів, діапазони й точність. Запроваджені процедури гарантують своєчасний моніторинг рН, лужності, вмісту сухих речовин, сахарози, кольоровості та інших показників на кожній стадії виробництва. Це дозволяє оперативно виявляти відхилення, впроваджувати коригувальні заходи та забезпечувати стабільний випуск безпечного й високоякісного цукру.

					РОЗДІЛ 7. КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ НАССР ТА ISO 9000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

РОЗДІЛ 8. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА ТА ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ

Енергетичне господарство відповідає за безперебійне постачання заводу та його підрозділів усіма необхідними видами енергії з підтриманням заданих параметрів (напруги, тиску, температури), а також за раціональну експлуатацію, своєчасний ремонт і технічне обслуговування обладнання. Одночасно до його завдань входить максимальна ефективність та ощадливість у використанні енергоресурсів.

Заощадження енергії реалізується через такі заходи:

1. Усунення та мінімізація прямих втрат в мережах і точках споживання (усунення несправностей електромереж, герметизація трубопроводів, шлангів, кранових та вентильних з'єднань).
2. Впровадження енергоефективних технологій і обладнання (наприклад, електроіндукційного нагрівання замість електричних печей, що скорочує споживання електроенергії більше ніж удвічі).
3. Оптимізація режимів роботи технологічного та енергетичного устаткування задля повного використання потужності електродвигунів і трансформаторів та зменшення холостих навантажень (підвищення коефіцієнта потужності в мережах).
4. Вторинне використання енергоресурсів, зокрема тепла відвідних газів та охолоджувальної води.
5. Системне планування, нормування, облік та контроль споживання енергії шляхом складання паливно-енергетичних балансів для кожного виду енергії.

Енергетичне господарство підприємства складається з двох рівнів: загальнозаводського та цехового.

– Загальнозаводський рівень включає генеруючі установки (ТЕЦ, високовольтні підстанції) і магістральні мережі розподілу енергії, які обслуговують усі цехи.

– Цеховий рівень охоплює безпосередніх споживачів енергії (печі, верстати, підйомно-транспортне обладнання), місцеві перетворювальні установки та внутрішньоцехові мережі.

До складу енергетичного підрозділу належать також компресорна й водонасосна станції, а також ремонтно-експлуатаційна служба електроустаткування.

На ТЕЦ Жданівського заводу встановлено три парові котли, кожний здатний генерувати по 45 т пари за годину при тиску 44 кгс/см² та температурі перегріву 440 °С. Відпрацьовані гази відводяться через димососи продуктивністю 88 м³/год, а викид здійснюється через цегляну трубу висотою 46 м та діаметром виходу 2,6 м, яка перебуває в задовільному технічному стані. Для підтримки горіння кожен котел оснащено повітродувним вентилятором із пропускною спроможністю 70 000 м³/год.

					РОЗДІЛ 8. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА ТА ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Живильна вода для котлів проходить багатоступеневу очистку: один гравійний фільтр з площею поверхні 5,5 м², два механічні фільтри по 3,2 м² кожен, а також два фільтри першого ступеня діаметром 1,8 м і один фільтр другого ступеня (діаметр уточнюється). Всі фільтри мають пропускну здатність 50 т/год.

Стрімке зростання вартості палива й електроенергії змушує цукровиробників шукати додаткові шляхи їх ощадного використання. При цьому близько 30 % заходів енергоощадження орієнтовані на теплотехнічні рішення, тоді як переважна більшість — на вдосконалення технології.

Для успішної реалізації програми економії палива та енергії необхідно впровадити енергоощадні процеси, підвищити автоматизацію, модернізувати застаріле обладнання, залучити нові високоефективні механізми та мінімізувати всі види втрат, зокрема шляхом використання вторинних ресурсів.

Роботу з енергозбереження доцільно поділити на два етапи:

- Перший етап передбачає негайне впровадження організаційно-технічних заходів, що не потребують значних інвестицій, — оптимізацію режимів роботи, регламентне обслуговування й усунення втрат, що дозволить швидко знизити питомі витрати палива.
- Другий етап полягає в комплексній модернізації: вдосконаленні технологічної схеми випарювання з урахуванням повторного використання пари та конденсату, збалансованому розподілі тепла між корпусами й застосуванні систем рекуперації, що забезпечить додаткову економію умовного палива.

Будівля енергетичного корпусу та сокоочисного відділення має два рівні складної форми розміром 46,6 × 92,8 м із загальною площею 4 765 м². Фундамент виконано стрічковим із сірого бутового каменю на піщаній подушці (200 мм) із заляганням опори на глибині 1,8–2,0 м у жовтому напівтвердому суглинку й кам'яних пластах, ґрунтові води — на 3,5 м. Стіни — із глиняної цегли М-100/125 на вапняно-піщаному розчині (товщина 510–860 мм), перегородки — 250 мм.

Перекриття — монолітний залізобетон із металевими листами, несучі балки двотаври № 24–60, другорядні швелери № 20 із рифленим настилом із листової сталі. Колони — з двох швелерів № 30, з'єднані смугами (150 × 8 мм); перекриття армовані стержнями Ø 6–8 мм (плита 100–120 мм) із локальними сталевими ділянками (2–3 мм).

Покрівля шатрова, несучі ферми з кутника, покриття — хвилясті азбестоцементні листи на дерев'яному латуванні. Вікна — дерев'яні блоки з одинарним склінням, місцями склоблоки; двері — металеві та металопластикові, розпашні; перемички — металеві та ЗБВ. Підлога: у цоколі — бетон М150 на щебеневій подушці (150 мм), на першому поверсі — керамічна плитка та просічні листи.

Сходи технологічні металеві під кутом до 60 °, з кутникових рам і рифлених сходинок, перила — із куточків і круглих стержнів.

					РОЗДІЛ 8. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА ТА ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Водопостачання здійснюється з артезіанської свердловини та двох технічних ставок. Санітарні вузли облицьовані плиткою до стелі, стелю — водоемульсійною фарбою.

Електроживлення централізоване. В сокоочисному блоці встановлено припливно-витяжну вентиляцію для підтримки оптимальних мікрокліматичних та гігієнічних умов.

Висновок

Наведено організацію енергетичного господарства та інженерних систем Жданівського цукрового заводу. Описано структуру підрозділів, основні заходи з енергоефективності та підтримання технічних параметрів ТЕЦ, водопідготовки, мереж і вентиляції. Продемонстровано технічні характеристики котельного обладнання, фільтрів, насосів та будівельних конструкцій енергетичного корпусу і сокоочисного відділення. Запропоновано дворівневий підхід до економії палива та електроенергії — від оперативних організаційно-технічних заходів до масштабної модернізації й впровадження систем рекуперації тепла. Така комплексність дозволяє забезпечити безперебійність енергопостачання, знизити виробничі витрати та підвищити екологічну й економічну ефективність заводу.

					РОЗДІЛ 8. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА ТА ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

РОЗДІЛ 9. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Діяльність цукрових заводів у сфері охорони природи повинна відповідати вимогам законодавства щодо захисту довкілля та якості атмосферного повітря. Технології переробки буряка несуть підвищені ризики: ТЕЦ, спалюючи мазут, викидає до атмосфери димові гази з вмістом SO₂, NO_x, CO та інших речовин. Серед відходів виробництва — фільтраційний осад, відсів і неповністю обпалений вапняк, зола, шлаки, промислові й стічні води.

Наслідком цього впливу є забруднення ґрунтів відходами, забір і скидання забруднюючих речовин у водойми, а також викиди в атмосферу неорганічних токсикантів, що накопичуються в організмі людини. За даними таблиці 9.1, фактичні викиди перевищують нормативні граничні значення.

Таблиця 9.1.

Обсяги викидів шкідливих речовин у атмосферу (тонн/рік)

Джерело викидів	Забруднювач	Фактичний обсяг	Лімітований обсяг
ТЕЦ	CO	200	200
	NO ₂	64,1	65
	SO ₂	357	357
Перша карбонізація	CO ₂	140	150
Друга карбонізація	CO ₂	75,7	80
Сульфитація	SO ₂	0,16	0,16
Сушильний барабан	Цукровий пил	5,36	5,36
Випарна установка та вакуум-апарат	NH ₃	5,1	5,1
Вапновипалювальна піч	Пил вапняку	0,08	0,08
Вапняне відділення	Пил вапняку	0,24	0,24
	Пил коксу	0,08	0,08
Жомова яма	Оцтова кислота	4,02	9,32
	Масляна кислота	16	29,52
Відстійники та поля фільтрації	Оцтова кислота	16	9,36
	NH ₃	0,65	4,216
	H ₂ S	0,132	0,144

Для забезпечення питних та господарсько-побутових потреб використовується вода з артезіанської свердловини. Параметри стічних вод відображені в табл. 9.2 і 9.3, а енергохарактеристики переробки буряків — у табл. 9.4.

Таблиця 9.2.

Склад стічних вод (% від маси)

Джерело забруднення	Частка, %
Транспортерно-мийний осад	100,0
Сировинна лабораторія	4,8
Миття дифузійних ножів	6,0
Кислі жомопресові води	2,8
Пульпа з жомопресовою водою	5,5
Миття фільтраційної тканини	2,0
Заводська лабораторія	1,1
Миття підлоги та апаратів	4,1
Миття елеватора і бурякових ваг	1,4
Господарсько-побутові стічні води	8,0
Інші апарати	4,4

Таблиця 9.3.

Фізико-хімічні показники стічних вод

Показник	Значення
Зважені речовини	30 000 мг/дм ³
pH	7,2
Розчинений кисень	4,6 мг/дм ³
Сухий залишок	3 500 мг/дм ³
Загальний азот	0 мг/дм ³
Сульфати	30 мг/дм ³
Фосфати	0 мг/дм ³
Хлориди	101 мг/дм ³

Таблиця 9.4.

Використання енергоресурсів на перероблення буряків

Показник	Фактичне значення	Нормативне значення
Електроенергія, кВт·год/т	27,4	28,8
Теплоенергія, Мкал/т	284	300
Умовне паливо, % від маси буряків	6,12	6,5

Висновок

Діяльність Жданівського цукрового заводу в галузі екологічної безпеки показує, що більшість показників викидів і стічних вод перебувають на рівні або трохи вище нормативів, що свідчить про необхідність подальшого вдосконалення технологій очищення газів та очищення стічних вод. Водночас високі показники енергоефективності (витрати електро- та теплоенергії нижчі за нормативні) свідчать про успішне впровадження заходів збереження ресурсів. Надалі слід зосередитися на модернізації ТЕЦ та систем очищення, а також на оптимізації водокористування й контролі за скидами, щоб гарантувати відповідність довгостроковим екологічним стандартам.

					РОЗДІЛ 9. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

РОЗДІЛ 10. ЗАХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

10.1 Організація служби охорони праці.

На Жданівському цукровому заводі функції служби з охорони праці виконує інженер з охорони праці, який безпосередньо підпорядкований керівнику підприємства (ДНАОП-1.8.10–1.24–96). Йому доручено організувати і контролювати проведення вступного та повторного інструктажів, перевіряти дотримання вимог безпеки при роботах підвищеної небезпеки, оцінювати умови праці на всіх робочих місцях, розробляти заходи з покращення цих умов та забезпечувати персонал індивідуальними засобами захисту й стежити за їхнім правильним зберіганням і обслуговуванням.

Інженер із охорони праці бере участь у розслідуванні нещасних випадків і готує щорічну звітність. Він має право перевіряти стан охорони праці в будь-якому підрозділі, видавати керівникам обов'язкові до виконання приписи щодо усунення недоліків, відсторонювати працівників, які порушують вимоги безпеки, вимагати своєчасного розслідування та належного обліку нещасних випадків, перевіряти наявність та актуальність інструкцій, плакатів і умов проведення інструктажів, а також оцінювати знання працівників з питань безпеки й рекомендувати недопущення до роботи осіб, які не володіють необхідними навичками.

Служба охорони праці тісно взаємодіє з комісією з охорони праці, яка контролює справність обладнання та захисних огорожень, ефективність засобів колективного захисту, відповідність санітарним нормам побутових приміщень і своєчасне забезпечення працівників спецодягом та індивідуальними засобами захисту.

10.2 Мікроклімат

Мікроклімат у виробничих приміщеннях характеризується температурою, відносною вологістю, швидкістю повітря та тепловим випромінюванням. Ці параметри регламентуються згідно з ГОСТ 12.0.005–84 ССБТ, з урахуванням пори року та категорії виконуваних робіт.

Таблиця 10.1.

Оптимальні показники мікроклімату

Виробничі зони	Холодний період	Вологість, %	Швидкість, м/с	Теплий період t, °C	Вологість, %	Швидкість, м/с
	t, °C					
Сокоочисне відділення, випарна станція,	17–22	75	0,5	Не вище ніж на 5 °C вище розрахункової літньої	При 28 °C – ≤ 55%; при 25 °C – ≤ 60%;	0,7–1,0
	22–24	75	0,5			
	17–22	65	0,1–0,3			
	22–24	65	0,5			

				температур и, але не вище 28 °С	при 24 °С – ≤ 75%	
Вапнякове відділення	17–22	100	0,5	Не вище 28 °С	75	0,7–1,0

Примітка: у теплий період температура має бути не вище 28 °С; швидкість руху повітря у виробничих зонах не повинна перевищувати 1,0 м/с.

10.3 Склад повітря

У повітрі робочої зони сокоочисного відділення можуть утворюватися такі шкідливі сполуки внаслідок технологічних реакцій і операцій: аміак та сірководень (розклад у випарній установці), сірководень, карбонат натрію і хлористий водень (випарювання сиропу), оксид вуглецю та вуглекислий газ (дефекосатурація), діоксид сірки (сульфітація), хлор (дезінфекція), сірчана кислота (регенерація іонообмінних смол) і формальдегід (державний управлінський цех, ємності для зберігання сиропу).

Відповідні ГДК, класи небезпеки та агрегатний стан цих речовин наведені нижче:

Таблиця 10.2

Клас небезпеки, ГДК шкідливих речовин в повітрі

Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан
NH ₃	20,0	4	П
HCl	5,0	2	П
SO ₂	1,0	2	П
Na ₂ CO ₃	2,0	3	А
SO ₃ (ангідрид)	1,0	2	П
CO	20,0	4	П
CO ₂	0,5	4	П
Cl ₂	1,0	2	П
H ₂ S	10,0	2	П
H ₂ SO ₄	1,0	2	А

Крім того, у повітря може потрапляти пил вапна, активованого вугілля та сірки. Їхні гранично допустимі концентрації:

Таблиця 10.3

Клас небезпеки, ГДК шкідливих речовин в повітрі

Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Вапно	6,00	4
Активоване вугілля	10,0	4
Сірка	0,01	1

10.4 Шум і вібрація

Шум і вібрація на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.037–99 і ДСН 3.3.6.039–99. Головними джерелами шуму є компресори, насоси та потік рідини в трубопроводах; вібрація виникає від коливань конструкцій і

					РОЗДІЛ 10. ЗАХОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ділиться на транспортну, транспортно-технологічну та технологічну. Для зниження шуму застосовують звукоізоляцію приводів, регулярне змащування та своєчасне технічне обслуговування обладнання.

10.5 Рівень освітленості

Приміщення сокоочисного відділення обладнані освітленням згідно з ДБН В.2.5–28–2006 «Природне й штучне освітлення». Природне світло потрапляє крізь двосторонні бічні віконні прорізи, а під час роботи використовується загальне штучне освітлення люмінесцентними світильниками з рівнем не менше ніж 75 лк, а безпосередньо біля кожного вузла обладнання встановлені додаткові лампи розжарювання.

Підвищені температурні умови та інтенсивне теплове випромінювання в зоні сокоочищення можуть призводити до порушення терморегуляції, викликати перегрів організму, погіршення самопочуття й навіть тепловий удар із такими симптомами, як запаморочення, прискорене серцебиття і дихання, підвищення температури тіла до 39 °С. Основні джерела тепла в цьому відділенні — апарати для очищення соку, які передають тепло як конвекцією, так і радіаційним випромінюванням.

10.6 Електро- та пожежна безпека

Виробничі приміщення сокоочисного відділення відносяться до зон підвищеного ризику ураження електричним струмом за класифікацією ПУЕ. Електробезпека досягається грамотною конструкцією електрообладнання, застосуванням захисних пристроїв і заходів (ізоляція струмоведучих елементів, огороження, низька напруга тощо), а також організаційними та технічними методами контролю.

З точки зору пожежної та вибухонебезпеки, сокоочисне відділення класифікується як категорія Д із третьою ступенем вогнестійкості конструкцій; вапняно-випалювальне та установка отримання SO₂ — як категорія Г із тією ж вогнестійкістю (див. табл. 10.4). Для кожної з цих зон передбачено мінімум чотири вогнегасники типу ОП-5.

Таблиця 10.4

Відділення	Категорія вибухо- та пожежобезпека	Ступінь вогнестійкості огород	Норма засобів пожежогасіння
Сокоочисне	Д	III	ОП-5 (4 шт.)
Вапняне	Г	III	ОП-5 (4 шт.)
Отримання SO ₂	Г	III	ОП-5 (4 шт.)

Для гарантування безпечних умов праці необхідно регулярно навчати персонал з охорони праці, підтримувати високу трудову дисципліну, виключати експлуатацію небезпечного або застарілого обладнання та розширювати застосування автоматизованих і дистанційних систем керування технологічними процесами.

Висновок

Структурована служба охорони праці під керівництвом інженера та комісії з охорони праці відповідає за інструктаж, моніторинг умов праці і реакцію на порушення. Впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами й суворе дотримання правил безпеки створюють на заводі надійну основу для збереження здоров'я працівників і безперервності виробництва.

					РОЗДІЛ 10. ЗАХОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Недоліками існуючої схеми очищення дифузійного соку Жданівського цукрового заводу були надмірні витрати промивної води та вапна, високі втрати сахарози в осаді та недостатня швидкість седиментації. Для їх усунення в межах дипломного проекту запропоновано комплекс технічних заходів, реалізація яких забезпечує значне підвищення ефективності очищення та економії ресурсів.

Впровадження вдосконалених фільтр-пресів КФ-1200 дозволяє скоротити розрідження соку перед випарною установкою до менше ніж 1 % (проти 1,5–2,5 % у вакуум-фільтрів), що одразу ж зменшує витрати палива на випарювання. Завдяки відсутності необхідності змиву осаду та промивання обладнання витрати прісної води практично нульові. Осад із вологістю 30–35 % виходить напівсухим, що спрощує його транспортування стрічковими конвеєрами та дає змогу повністю автоматизувати фільтраційний процес, а втрати сахарози знижуються до 0,02–0,04 % від маси буряків (проти 0,1 % у традиційних фільтрів).

Додавання флокулянта PRAESTOL 2540 забезпечує формування щільних флокул з колоїдних і мінеральних домішок, що пришвидшує осадження й підвищує ефективність очищення соку на 5–7 %. Це дає змогу заощадити 0,2 м² фільтраційної тканини на кожні 100 т буряків і знизити залишковий вміст солей кальцію та забарвленість соку II карбонізації на 12–18 %, що позитивно позначається на виході цукру.

Модернізована двоступенева схема першої карбонізації зі встановленням внутрішніх циркуляційних труб у корпусах “1А” і “1Б” забезпечує ступінь карбонізації 40–50 % уже після першого апарата, значно підвищує швидкість седиментації (+22 %), знижує фільтраційний коефіцієнт із 3,3 до 2,6 та збільшує використання СО₂ на 11–13 %. У результаті чистота соку підвищується на 3,7 %, а вихід цукру зростає на 0,30%.

Повернення згущеної суспензії соку після першої сатурації в технологічний цикл сприяє додатковому осадженню колоїдних домішок і підвищує загальний ефект очищення на 2,7 %, одночасно зменшуючи обсяги рециркуляційних повернень та стабілізуючи процес.

Двоетапна дефекосатурація з частковою попередньою карбонізацією забезпечує максимально ефективно видалення нецукрів: кожен етап підвищує адсорбційну здатність соку, що дозволяє мінімізувати непрямі втрати цукру та покращити якість сиропу перед наступними стадіями виробництва.

У результаті реалізації всього комплексу заходів вихід цукру з буряків зростає приблизно на 0,78 %, а витрати промивної води та вапна зводяться до мінімуму. Поліпшуються технологічні показники соку — знижується вміст нецукрів, забарвленість і в'язкість — що забезпечує зниження собівартості та підвищення екологічності виробництва.

					ВИСНОВКИ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ткаченко А. С., ін. Практичне впровадження НАССР для підприємств харчової галузі. — Полтава: ПУЕТ, 2020. — 137 с.
2. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/markets/eksport-cukru-ukrajina-pobila-istorichniy-rekord-z-prodazhiv-50479035.html>
3. Бакай В. Й., Кравченко О. Е., Дорош Ю. В. Цукрова промисловість України: проблеми та напрями зростання. // Вісник Хмельницьк. нац. ун-ту. Екон. науки. — 2010. — №3, Т.3. — С.15–18.
4. Хомічак Л. М., Жеплінська М. М., ін. Очищення дифузного соку паром на Шепетівському заводі. // Цукор України. — 2001. — №1–2. — С.24–25.
5. Бобровник Л. Д. Теоретичні засади цукрового виробництва. — Київ: Вища школа, 1994. — 255 с.
6. Ліпец А. А., Українець А. І., Логвін В. М., ін. Технологічні основи виробництва цукру: підручник. — Київ: Експрес-об'ява, 2015. — 288 с.
7. Пушанко Н. М., Хомічак Л. М. Первинна дефекація: фізико-хімічна інтенсифікація процесу. // Експрес-новин. — 1996. — №22. — С.7–8.
8. Танащук Л. І. Адсорбційні властивості при очищенні цукрових соків : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — КТИПП, Київ, 1981. — 24 с.
9. Панкін Л. І., ін. Підвищення ефективності попередньої дефекації. // Зб. наук. праць. — Київ, 1989. — С.44–51.
10. Ліпец А. А., Українець А. І., Логвін В. М., ін. Системна технологія виробництва цукру: підручник. — Київ: Експрес-об'ява, 2015. — 288 с.
11. Жеплінська М. М. Очищення соку з меншим вапном : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — УДУХТ, Київ, 1998. — 26 с.
12. Замура С. А. Кремнієвмісні реагенти в очищенні сиропів і соків : дис. ... канд. техн. наук. — НУХТ, Київ, 2009. — 270 с.
13. Хомічак Л. М., Пушанко Н. М. Хімічне посилення процесу дефекації. // Експрес-новин. — 1996. — №22. — С.7–8.
14. Ліпец А. А., Українець А. І., Логвін В. М., ін. Підручник з технології цукру. — Київ: Експрес-об'ява, 2015. — 288 с.
15. Chemat F., Numa Z., Khan M. K. Використання ультразвуку в технологіях харчової промисловості. // Ultrasonics Sonochemistry. — 2011. — Vol. 18, Is. 4. — P. 813–835.
16. Бобрівник Л. Д., Немирович П. М., ін. Технологічна обробка соку паром і вапном. // Харчова і переробна промисловість. — 1993. — №7. — С.8–9.
17. Бобрівник Л. Д., ін. Метод очищення соку: патент України. — 1997. — Бюлетень.
18. Хомічак Л. М., Жеплінська М. М., ін. Парове очищення дифузійного соку на Шепетівському комбінаті. // Цукор України. — 2001. — №1–2. — С.24–25.

					СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

19. Хомічак Л. М., Пушанко Н. М. Фізико-хімічна активізація дефекації. // Експрес-новин. — 1996. — №22. — С.7–8.
20. Лосева В. А. Очищення сиропів та соків: шляхи інтенсифікації. — Вороніж: ВУВ, 1990. — С. 95–112.
21. Верченко Л. М., Хомічак Л. М., Калініченко О. М. Активація вапняного молока в цукровому виробництві. // Цукор України. — 2002. — №3. — С. 26–28.
22. Литвак І. М., ін. Розрахунок продуктів у виробництві цукру. — Київ: Техніка, 1996. — 146 с.
23. Замура С. А. Ефективність реагентів на основі кремнію у процесах очищення. — НУХТ, Київ, 2009. — 270 с.
24. Скорик К. Д. Варіанти сатурації: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — КТИПП, Київ, 1989. — 24 с.
25. Ліпець А. А., Українець А. І., Логвін В. М., ін. Сучасні технології цукрового виробництва. — Київ: Експрес-об'ява, 2015. — 288 с.
26. Петриченко І. Б., Резніченко Ю. М. Інтенсифікація технологічних процесів: курс лекцій. — К.: НУХТ, 2013. — 171 с.
27. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/ukrainskij-cukor-u-2024-roci-uspihi-na-rinku-es-i-mena-v-cifrah>
28. Бобрівник Л. Д., ін. Вплив пари та вапна на сік. // Харчова і переробна промисловість. — 1993. — №7. — С.8–9.
29. Оляньська С. П., Цирульнікова В. В. Покращення очищення за допомогою флокулянтів. // Цукор України. — 2010. — №2. — С. 29–35.
30. Купчик М. П., ін. Основи охорони праці. — Київ: Основа, 2000. — 416 с.
31. Бобрівник Л. Д., ін. Комплексне очищення соків з термічною обробкою. // Харчова і переробна промисловість. — 1995. — №5. — С.10–11.
32. Пишняк В. В. Удосконалення процесу дефекації: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — КТИПП, Київ, 1980. — 26 с.
33. Закон України "Про основні принципи та вимоги до безпечності харчових продуктів" від 22.07.2014 №1602-VII. // Відомості Верховної Ради України. — 2014. — №41–42.
34. Резніченко Ю. М., Виговський В. Ю., Логвін В. М., Хомічак Л. М., Петриченко І. Б. Флокулянти у вапно-карбонізаційному процесі. // Цукор України. — 2007. — №5–6.
35. Бобрівник Л. Д., Хомічак Л. М., ін. Очищення соку: комплексний підхід. // Харчова і переробна промисловість. — 1995. — №5. — С.10–11.
36. Хомічак Л. М., ін. Нові підходи до сатурації. // Цукор України. — 2002. — №3. — С. 17–20.
37. Петриченко І. Б., Резніченко Ю. М. Інтенсифікація цукрових процесів: курс лекцій. — К.: НУХТ, 2013. — 171 с.
38. Ліпець А. А., Українець А. І., Логвін В. М., ін. Повний підручник з технології цукру. — Київ: Експрес-об'ява, 2015. — 288 с.
39. Рева Л. П., Шульга С. А. Витрати кремнієвих реагентів: оптимізація. // Цукор України. — 2016. — №1. — С. 24–29.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

						Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

- 40.Рева Л. П., Щербатюк О. Є. Натуральні дисперсні матеріали в очищенні. // Наук. праці УДУХТ. — 2001. — №10. — Ч. 1. — С. 26–27.
- 41.Литвак І. М., ін. Обчислення продуктів у технології цукру. — Київ: Техніка, 1996. — 146 с.
- 42.Сапронов А. Р. Технологічні аспекти цукрового виробництва. — Москва: Колос, 1998. — 495 с.
- 43.ДСТУ 4327:2013. Коренеплоди цукрового буряку. Технічні умови. — Київ: Мінекономрозвитку України, 2013. — 6 с.
- 44.ДСТУ 1451-96. Камінь вапняковий для цукрової промисловості. Технічні умови. — Київ, 1996. — 4 с.
- 45.ДСТУ 4623:2023. Цукор. Технічні умови. — Київ, 2023. — 15 с.
- 46.Гаранжа В. С., Семенова О. І. НАССР у роботі цукрового заводу "ТОВ Призма-14". URL:<https://conf.ztu.edu.ua/wp.content/uploads/2017/12/45.pdf>

					СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	Арк
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		