

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології цукру і підготовки води

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Харчові технології та інженерія»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ТЦ і ПВ

Інна КАРПОВИЧ

“07” квітня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Прокопця Артема Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект технічного переоснащення кристалізаційного відділення ТОВ «Краєвид» Згурівського цукрового заводу з метою підвищення виходу цукру та покращення його якості (смт. Згурівка, Київська область)

керівник роботи Карпович Інна Віталіївна, доцент, кандидат технічних наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем роботи 2 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи продуктивність 6000 т буряків/добу, кристалізаційне відділення Згурівського цукрового заводу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) розробити) Вступ. Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення. Вибір асортименту продукції. Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічних схем. Розділ 3. Характеристика сировини, основних і допоміжних матеріалів, готової продукції. Розділ 4. Технологічні розрахунки. Розділ 5. Розрахунок площ виробничих і складських приміщень. Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання. Розділ 7. Контроль якості та безпеки 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 кристалізаційного відділення, план першого та другого поверхів, поперечний і повздовжній переріз

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

7. Дата видачі завдання 07 квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення з літературою, огляд літературних джерел	23.04.25	
2	Робота і опрацювання розділів кваліфікаційної роботи	01.05.25	
3	Удосконалення технологічної схеми сокоочисного відділення	15.05.25	
4	Консультація з приводу технологічної схеми	20.05.25	
5	Консультація з приводу розрізу і планів	29.05.25	
6	Затвердження технологічної схеми	31.05.25	
7	Затвердження кваліфікаційної роботи	02.06.25	

Здобувач

_____ (підпис)

Артем ПРОКОПЕЦЬ

_____ (ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Інна КАРПОВИЧ

_____ (ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Метою даного дипломного проекту є підвищення ефективності роботи кристалізаційного відділення Згурівського цукрового заводу, завдяки впровадженню запропонованих у дипломному проєкті заходів, які забезпечують збільшення виходу цукру-піску та підвищення його якості.

Дипломний проєкт містить 79 сторінок, 6 рисунків, 18 таблиць. Для написання було використано 63 літературних джерел.

До складу дипломного проєкту входить графічна частина, що складається з 5 аркушів формату А1. Графічна частина включає: технологічну схему Згурівського цукрового заводу, план першого та другого поверхів, поперечний і повздовжній розрізи кристалізаційного відділення.

Розрахунково-пояснювальна записка охоплює титульний лист, завдання на дипломний проєкт, анотацію, зміст та 10 розділів. Завершується записка загальними висновками та списком використаної літератури.

В проєкті передбачається ряд заходів: модернізація вакуум-апаратів, використання системи маточного утфелю, впровадження низькотемпературного режиму уварювання утфелів II і III кристалізації, використання афінації цукру

Ключові слова: кристалізація, уварювання, утфель, вакуум-апарат, мішалка-кристалізатор.

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

ANNOTATION

The purpose of this diploma project is to increase the efficiency of the crystallization department of the Zguriv Sugar Plant, through the implementation of the measures proposed in the diploma project, which ensure an increase in the yield of granulated sugar and an improvement in its quality.

The diploma project contains 79 pages, 6 figures, 18 tables. 63 literary sources were used for writing.

The diploma project includes a graphic part consisting of 5 sheets of A1 format. The graphic part includes: a technological scheme of the Zguriv Sugar Plant, a plan of the first and second floors, a transverse and longitudinal section of the crystallization department.

The calculation and explanatory note includes a title page, a task for the diploma project, an annotation, a table of contents and 10 sections. The note ends with general conclusions and a list of used literature.

The project includes a number of measures: modernization of vacuum apparatus, use of the master masseuse system, introduction of a low-temperature boiling mode for masseuse of II and III crystallization, use of sugar affination

Keywords: crystallization, boiling, masseuse, vacuum apparatus, mixer-crystallizer.

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

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення.....	8
1.1. Загальна економічна діяльність та виробничий профіль підприємства.....	8
1.2. Огляд сировинної бази та її вплив на технологічні процеси.....	9
1.3. Обґрунтування потреби в модернізації кристалізаційного відділення цукрового заводу.....	11
1.4. Аналіз сучасних підходів до підвищення ефективності виробництва цукру-піску.....	13
Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічних схем.....	29
2.1. Заходи щодо удосконалення технології та обґрунтування підвищення ефективності за рахунок впровадження кожного із заходів.....	29
2.2. Опис удосконаленої технологічної схеми.....	30
Розділ 3. Характеристика сировини, основних і допоміжних матеріалів, готової продукції.....	33
Розділ 4. Технологічні розрахунки.....	38
4.1. Вихідні дані до технологічних розрахунків.....	38
4.2. Продуктові розрахунки.....	38
4.3. Розрахунки витрат і запасів основної і додаткової сировини, тари, допоміжних та пакувальних матеріалів.....	44
Розділ 5. Розрахунок площ виробничих і складських приміщень.....	46
Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання.....	48
Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 та НАССР.....	51
7.1 Основи системи управління безпекою харчової продукції НАССР.....	51
7.2 Основи системи управління якістю. Технохімічний контроль виробництва та метрологічне забезпечення.....	53
Розділ 8. Інженерні системи та енергетичне господарство підприємства.....	59
Розділ 9. Система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження..	61
Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві.....	71
Загальні висновки.....	74
Список джерел посилання.....	75

					Проект технічного переоснащення кристалізаційного відділення ТОВ «Краєвид» Згурівського цукрового заводу з метою підвищення виходу цукру та покращення його якості (смт. Згурівка, Київська область)					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Прокопеч А.С.				Зміст			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Карпович І.В.							5	79	
Затверд.	Карпович І.В.							ЦВ-4-11		

Як зазначають експерти, постійне зростання собівартості виробництва цукрового буряка в Україні призвело до того, що буряківництво переважно розвивається нині крупними сільгоспвиробниками, що можуть забезпечити повний цикл виробництва.

Усі господарюючі суб'єкти, які займаються переробкою цукросировини, як правило, мають значні площі цукрового буряку, застосовують передові технології вирощування коренеплодів. Проте більшість цукрових компаній не є компактними в регіональному плані і не завжди повністю використовують природні, економічні та соціальні умови зон бурякосіяння [4].

Використання новітніх високоефективних вітчизняних і зарубіжних технологій у поєднанні з багаторічним досвідом розвитку буряківництва в Україні має бути базою продуктивного розвитку галузі. При цьому враховуються і узгоджуються різні фактори впливу:

Потенційні виробничі потужності і техніко-технологічну переоснащеність цукрових заводів, що є умовою визначення обсягів вирощування коренеплодів.

Регіональні природно-кліматичні особливості, що визначають місце бурякового поля в сівозміні і щільність посівів, систему використання обрив, обробітку ґрунтів, інтегровані системи захисту рослин і ґрунтів.

Раціональну організацію збирання, транспортування та переробки цукрових буряків, що забезпечує повне використання біокліматичного потенціалу.

Підвищення ефективності виробництва цукрових буряків та цукру можливе шляхом зниження собівартості й збереження оптимального рівня ціни для рентабельного виробництва, розв'язання проблеми забезпечення виробників матеріально-технічними ресурсами та диверсифікації виробництва продукції, що потребує певної державної підтримки товаровиробників галузі [5].

Метою даної кваліфікаційної роботи є проєкт технічного переоснащення кристалізаційного відділення на ТОВ «Краєвид» Згурівського цукрового заводу з метою підвищення виходу цукру та покращення його якості, смт. Згурівка, Київська область

Об'єктом кваліфікаційної роботи є технологія одержання цукру з цукрових буряків.

Предметом досліджень є технологія кристалізації цукру ТОВ «Краєвид» Згурівського цукрового заводу з метою підвищення виходу цукру та покращення його якості.

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

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

1.1. Загальна економічна діяльність та виробничий профіль підприємства

ТОВ «Краєвид» — головне переробне підприємство Київщини.

Вперше рішення про будівництво цукроварні в Згурівці було прийнято ще в 1910 році графською родиною Кочубеїв. Першу продукцію цукру підприємство виробило в 1913 році, потужність на той час становила 300 тонн цукрових буряків за добу.

У післявоєнні роки завод було відбудовано й переробляли вже 800 тонн цукрових буряків за добу. Згодом підприємство пережило ще дві реконструкції — в 1960 та 2002 роках. В результаті модернізацій завод перейшов на інший вид палива — із мазуту на природний газ.

На підприємстві щорічно проводяться модернізація виробництва з ціллю підвищення якості і зниження собівартості продукції. Основна робота 2013-2015 р.р. — переведення котлів ДКВР на альтернативне паливо — торф.

На сьогодні на підприємстві виробляється цукор II та III категорії під ТМ «Краєвид». Побічні продукти — меляса, жом та вапно — реалізується на внутрішньому ринку.

В планах підприємства на наступні роки — збільшити заготівлю цукрових буряків до 270 тис. тонн та виготовити 38 тис. тонн цукру. Для цього на заводі буде проведена заміна I корпусу випарної установки, монтаж центрифуг для утфеля I, II, III продуктів та монтаж вертикальних мішалок-кристалізаторів утфеля III продукту [6].

У виробничому сезоні 2022 року було перероблено 114 405 тонн буряків за 41 добу, вироблено 17 005 тонн цукру-піску. Сезон 2023 року характеризувався переробкою 207 165 тонн буряків із середньою цукристістю 17,04% протягом 90 діб, що дозволило отримати 34 001 тону цукру-піску. Стратегічні плани підприємства на найближчі роки передбачають збільшення обсягів заготівлі цукрових буряків до 270 тис. тонн та виробництва цукру до 38 тис. тонн. Для досягнення цих цілей заплановано заміну I корпусу випарної установки, монтаж центрифуг для утфеля I, II, III продуктів, а також встановлення вертикальних мішалок-кристалізаторів утфеля III продукту.

Ресурсне забезпечення: Єдиною сировиною для заводу є цукровий буряк, що постачається з основних сировинних зон, розташованих у Київській, Чернігівській та Полтавській областях. Промислове водопостачання здійснюється з річки Супій: насосами 3В-200х2 (потужністю 500 м³/год) вода перекачується трубопроводом Ду-400 мм довжиною 18 км до приймального збірника біля насосної станції заводу. Надлишки води з річки Супій акумулюються у збірнику річкової води (технічному ставку) для використання у міжсезонний період. За сезон з р. Супій подається 420 000 м³

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

води, з яких 268,5 тис. м³ споживається на технологічні потреби, 23,5 тис. м³ – на допоміжні потреби (бурякопункт, полив доріг), а 128 тис. м³ – на гідровипробування та замивку заводу. Стан трубопроводів задовільний. Питна вода надходить із міського водоканалу (артезіанських свердловин) потужністю 22 м³. Тепло та електроенергія генеруються власною ТЕЦ, обладнаною трьома паровими котлами типу ДКВР-20-23-370 (реконструйовані у 2000 р. для роботи на природному газі та торфі) та трьома паровими турбінами ОР-1,5-3 (третя турбіна встановлена у 2022 р.).

Система менеджменту та організаційна структура: На підприємстві впроваджено Корпоративну інтегровану систему менеджменту якості, безпеки харчової продукції, охорони праці, промислової безпеки, охорони навколишнього середовища та енергетичного менеджменту. Системи сертифіковані відповідно до міжнародних стандартів ISO 9001:2015 (управління якістю), ISO 14001:2015 (екологічне управління) та FSSC 22000 (безпеку харчової продукції).

Виробнича структура Згурівського цукрового заводу є розгалуженою, що обумовлено необхідністю забезпечення основного виробничого процесу. Загальна земельна ділянка підприємства становить 256,6 га, з яких 134,5 га відведено під під'їзні шляхи від станції Яготин, 42,5 га – під виробничі та допоміжні підрозділи, 71,9 га – під відстійники для стічних вод, 5,8 га – під кагатне поле, та 1,9 га – під прибудинкову територію.

Організаційна структура об'єднує основні цехи (в головному корпусі), що забезпечують повний цикл переробки сировини: подача буряків, подрібнення, одержання та очищення соку, випаровування, варіння утфелів, центрифугування, сушіння та пакування.

Допоміжні підрозділи (ТЕЦ, турбозал, електроцех, вапнякове відділення, буряко-приймальний пункт, сировинна лабораторія, водне господарство, ремонтно-будівельна дільниця) забезпечують безперебійну роботу основного виробництва. Обслуговуючі підрозділи виконують функції транспортування, зберігання готової продукції та запасів, охорону майна та вантажні роботи. Площі виробничих приміщень спроектовані з урахуванням потоковості технологічних процесів, габаритів обладнання, проходів та проїздів, з дотриманням вимог СНіП, норм технологічного проектування, техніко-економічних показників та санітарних норм.

1.2. Огляд сировинної бази та її вплив на технологічні процеси

Цукровий буряк — одна з головних цукроносних культур у світі, яка має неабияке значення для забезпечення ринкового попиту. Розвинені країни вже давно почали займатися вирощуванням альтернативних «цукрових» культур, у тому числі й цукрових буряків, та виробляти з них цукор, щоб забезпечити попит та покращити економіку країни шляхом експорту. Крім того, цукровий буряк вважається найкращою сировиною для виробництва цукру, оскільки він містить більшу кількість (16-20%) сахарози [7].

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Якість цукрових буряків відіграє вирішальну роль у всіх подальших технологічних процесах, починаючи від приймання та закінчуючи кристалізацією цукру [8,9].

Ключовими показниками якості цукрових буряків є:

- Цукристість (вміст сахарози): Визначає потенційний вихід цукру. Висока цукристість (зазвичай 16-20%) є бажаною, оскільки прямо пропорційно впливає на обсяг виробленого цукру та знижує питомі витрати на переробку [10].

- Вміст нецукрів: До них відносяться мінеральні солі, азотисті речовини, пектинові речовини, органічні кислоти тощо. Нецукри є баластними речовинами, які ускладнюють технологічний процес, знижують вихід цукру (за рахунок утворення меляси), збільшують витрати реагентів та енергії на очищення соку [11]. Особливу увагу слід приділяти вмісту калію, натрію та азоту, які є мелясоутворюючими речовинами [12].

- Засміченість: Включає ґрунт, рослинні залишки, каміння. Висока засміченість збільшує втрати буряків, знос обладнання, а також потребує інтенсивнішої мийки та очищення.

- Ступінь ураження хворобами та шкідниками: Пошкоджені буряки швидше псується, що призводить до втрат сахарози та накопичення шкідливих для технології речовин (наприклад, декстранів) [13].

Сировинні зони Наркевицького цукрового заводу (ТОВ «Краєвид») розташовані у Київській, Чернігівській та Полтавській областях. Диверсифікація джерел постачання сировини забезпечує стабільність поставок та знижує ризики, пов'язані з несприятливими погодними умовами в одному регіоні [14]. Однак, такий підхід потребує ретельного контролю якості буряків з різних зон для забезпечення однорідності сировини, що надходить на переробку.

Якість цукрових буряків має прямий і суттєвий вплив на ефективність кожного етапу технологічного процесу цукрового виробництва:

1. При прийманні та зберіганні висока засміченість та пошкодження буряків призводять до значних втрат під час приймання та погіршення умов зберігання у кагатних полях, сприяючи розвитку мікроорганізмів та гідролітичному розпаду сахарози [15].

2. У процесі мийки буряків підвищена засміченість потребує більших витрат води та енергії на мийку, збільшує навантаження на систему очищення стічних вод.

3. Екстракція цукру: Вміст нецукрів у буряках безпосередньо впливає на дифузійний процес. Високий вміст колоїдних та пектинових речовин ускладнює дифузю сахарози, знижує ефективність отримання соку та може призводити до закупорювання апаратів [16].

4. Очищення дифузійного соку: Це один із найважливіших етапів, де якість сировини проявляється найбільш яскраво. Високий вміст нецукрів (особливо солей калію, натрію та азотистих сполук) збільшує потребу в реагентах (вапно, діоксид вуглецю) для їх осадження, ускладнює фільтрацію та седиментацію, підвищує витрати на очищення стічних вод [17].

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Ефективність очищення соку безпосередньо впливає на його чистоту, що є визначальним фактором для подальших етапів.

5. Випаровування та кристалізація: Чистота соку, отримана на стадії очищення, критично важлива для процесів випаровування та кристалізації. Наявність великої кількості нецукрів у сиропі знижує швидкість випаровування, збільшує в'язкість утфеля, уповільнює ріст кристалів цукру та підвищує утворення меляси [18]. Високий вміст мелясоутворюючих нецукрів може призвести до зниження виходу цукру з буряків і збільшення втрат сахарози з мелясою.

Таким чином, якість сировинної бази є фундаментальним фактором, що визначає технологічні параметри, економічні показники (витрати енергії, реагентів) та кінцевий вихід цукру на Наркевицькому цукровому заводі. Контроль та оптимізація якості цукрових буряків є постійним завданням для забезпечення стабільної та ефективної роботи підприємства.

1.3 Обґрунтування потреби в модернізації кристалізаційного відділення цукрового заводу

Сироп після випаровування у багатокорпусній випарній установці, поступає на уварювання утфелів у варочно-кристалізаційне відділення.

Кристалізація цукру – завершальний етап у його виробництві. На цьому етапі із сиропу виділяють практично чисту сахарозу з абагатокомпонентної суміші речовин, який є сироп.

У сокоочисному відділенні з дифузійного соку видаляється біля 1/3 нецукрів, інші нецукри разом із сахарозою надходять у продуктове відділення, де більша частина сахарози викристалізовується у вигляді цукру-піску, а нецукри залишаються в міжкристальному розчині.

Кристалізація сахарози проводиться з киплячих пересичених розчинів у вакуум-апаратах під розрідженням для зменшення розкладання сахарози й утворення барвників.

Варочно-кристалізаційне відділення Яготинського цукрового заводу працює по трьохкристалізаційній схемі з афінацією жовтого цукру.

За цією схемою утфель I кристалізації уварюється із суміші сиропу з клеровкою жовтого цукру II продукту і афінованого цукру з додаванням в кінці уварювання невеликої кількості білої патоки I кристалізації до $sr=92\%$. Уварювання утфелю відбувається в чотирьох вакуум-апаратах (3 шт. - ВАЦ-600, 1 шт. - ВАВ-80). Готовий утфель спускають в приймальну утфелемішалку, де до нього додають воду при $t=75^{\circ}\text{C}$ для зменшення пересичення міжкристального розчину, а вакуум-апарати і жолоби пропарюють парою. Пропарку додають до утфелю 2 кристалізації.

Фугують утфель на центрифугах періодичної дії (Зангерхаузен-1000 (3 шт.), ФПН-1321 (3 шт.)). Після центрифугування відбираються два відтоки утфелю I кристалізації: I-ий - зелена патока, II-ий - біла патока. Цукор-пісок пробілюють водою з $t=80^{\circ}\text{C}$. Пробілений цукор вологістю 1,1% і $t=55-60^{\circ}\text{C}$ вивантажують на вібротранспортер і елеватором подають в сушильне відділення.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

В сушильно-охолоджувальній установці СПС-20 цукор висушують гарячим повітрям до 0,08-0,14% вологи, охолоджують до 20°C, системою транспортерів направляють в бункери цукру. З бункерів цукор пакують в мішкотару вагою по 50 кг. Відділені у сортувальній установці грудочки направляють в клеровочний котел, де розчиняють їх очищеним соком II сатурації.

Утфель II кристалізації уварюють в двох апаратах ВАЦ-600 до $\text{ср}=93\%$ з II-го та I-го відтоків утфелю I кристалізації, попередньо нагрівши їх до $t=85^\circ\text{C}$ для розчинення кристалів і швидкого кипіння при надходженні в апарат. Фугують утфель на центрифугах ФПН-1321 (2 шт.) при фугуванні отримують жовтий цукор II продукту з $\text{Ч}=97\%$ і загальний відтік. Уварювання утфелю II кристалізації проводять на першому відтоці утфелю I, а на стадії заводки кристалів використовують II відтік утфелю I кристалізації.

Уварювання утфелю III кристалізації проводять на кристалічній основі утфелю II-го продукту, афінаційного і загального відтоків утфелю II кристалізації. Утфель III продукту уварюють у вакуум-апаратах ВАЦ-600 (3 шт.) до вмісту $\text{ср}=94-94,5\%$.

Зварений утфель спускають в приймальну утфелемішалку, з якої насосами А Н-1 його подають в мішалку гомогенізатор, де для зменшення в'язкості розкачують водою. Далі утфель надходить у вертикальну мішалку-кристалізатор ШІ-ПКВ, де протягом 24 год. проходить додаткова кристалізація цукрози. Після цього утфель надходить в кристалізаційну установку, яка складається з 9 горизонтальних утфелемішалок. Утфель при $t=40^\circ\text{C}$ центрифугують в центрифугах ФПН-1321 (4 шт.) та АСWW-1000 (1 шт.).

Відтік - меляса - насосами подається на ваги, а після зважування - в чани. Цукор III кристалізації шнеком подається на афінацію в мішалку, куди додається також вода до $\text{ср}=89-90\%$. Афінаційну масу перекачують в напірний збірник і фугують на центрифугах ФПН-1321 (1 шт.) та АСWW-1000 (2 шт.). Афінаційний відтік повертають на уварювання утфелю III кристалізації. Цукор II продукту та афінований цукор розчиняють в мішалці соком III сатурації до $\text{ср}=65-70\%$. Клеровку разом з сиропом, після випарної установки подають на сульфитацію.

Аналіз роботи продуктового відділення вказує на такі недоліки:

- уповільнене уварювання утфелів II та III кристалізації, що приводить до підвищення втрат цукрози;
- нерівномірний гранулометричний склад білого цукру;
- вихід меляси 4,49%, вміст цукрози в мелясі 2,23%.

Приходимо до висновку, що ефективність проведення процесів кристалізації може бути досягнута вдосконаленням технології кристалізації, шляхом технічного переоснащення продуктового відділення з метою максимального вилучення цукрози з розчину при мінімальних витратах пари, палива та енергії, збільшення виходу цукру та покращення його якості.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.4. Аналіз сучасних підходів до підвищення ефективності виробництва цукру-піску

Однією з задач цукрового виробництва є одержання високоякісного цукру в процесі кристалізації у вакуум-апаратах. В реальних умовах процес уварювання цукрових утфелів залежить від багатьох впливових чинників, які мають як сталі, так і змінні характеристики. Реалії процесу уварювання утфелів пов'язані зі зміною фізичних, реологічних, гідродинамічних і технологічних показників продукту, що кристалізується, в плинні часу від початку до кінця уварювання. Таке положення речей не дає можливості швидко з високою точністю передбачити і визначити кінцеві та проміжні характеристики цукрового утфелю та його складових частин [20].

Відомо, що за допомогою одного процесу кристалізації можна отримати білий цукор чистотою 99,8%, але повністю очистити сахарозу від домішок неможливо [21].

Для заводів старої технічної бази допускається робота по двохкристалізаційній схемі з афінацією жовтого цукру.

Трикристалізаційна технологічна схема

1. Утфель I кристалізації уварюють із суміші сиропу і клеровки цукрів II кристалізації і цукру-афінаду III кристалізації.

2. Утфель I кристалізації центрифугують нагарячо. При промивці відбирають два відтоки. Різниця чистот відтоків повинна бути 5-7 одиниць.

3. Вивантажений з центрифуг цукор-пісок транспортують для висушування, охолодження, відокремлення металевих домішок, грудочок цукру й пудри.

4. Утфель II кристалізації уварюють з II та I відтоків утфелю I кристалізації.

5. Утфель II кристалізації центрифугують. Цукор II кристалізації при необхідності промивають гарячою водою, клерують соком II сатурації і

6. направляють у суміші із сиропом на сульфитацію. При центрифугуванні відбирають 2 відтоки.

7. Для уварювання утфелю III кристалізації використовують послідовно

8. другий та перший відтік утфелю II кристалізації та афінаційний відтік. При необхідності на заведення кристалів беруть перший відтік утфелю I кристалізації.

9. Кристалізацію утфелю III кристалізації виконують в утфелемішалках-кристалізаторах безперервної дії зі штучним протитечійним охолодженням.

10. Утфель III кристалізації центрифугують із відбором одного відтоку – меляси. Мелясу після зважування викачують у резервуар. Відтік від промивки сит центрифуг утфелю III кристалізації направляють у збірник афінаційного відтоку або в окремий збірник, звідки його забирають для останніх підкачок при уварюванні утфелю III кристалізації

11. Цукор III кристалізації надходить в афінатор, де до нього добавляють перший відтік утфелю I кристалізації з масовою долею $CP=75\%$.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

12. Афінаційний відтік центрифугують на окремих центрифугах, цукор-афінад промивають водою.

13. Цукор-афінад подають у клеровочну мішалку і розчиняють фільтрованим соком II сатурації. Розчин надходить на сульфитацію в суміші із сиропом з клеровкою II кристалізації.

14. При зміні якості буряків, які переробляє завод, необхідно виконати необхідну корективку трьохкристалізаційної схеми:

а) при переробці буряку з одержанням сиропу з випарної установки Ч=91-92% частина 1-го відтоку утфелю I кристалізації направляється на уварювання утфелю III кристалізації.

б) при одержанні сиропу з Ч нижчою 90% переходять на роботу по двохкристалізаційній схемі.

Одержання утфелю першої кристалізації з концентрованого сиропу

Процес отримання утфелю I кристалізації традиційно супроводжується значними витратами пари. Це зумовлено необхідністю початкового введення великих обсягів води або соку у вакуум-апарат. Таке додавання є критично важливим для запобігання надмірному пересиченню сиропу, яке може виникнути через значне перевищення швидкості випаровування (пов'язаної з питомою поверхнею нагрівання) над масовою швидкістю кристалізації цукрози. Додатковою причиною високих витрат пари є низька початкова концентрація використовуваного сиропу, яка може коливатися в межах 48-56 %.

З метою підвищення ефективності та зниження енерговитрат, фахівці УкрНДІЦП розробили інноваційний спосіб отримання утфелю I кристалізації із сиропу підвищеної концентрації (70-73 %) [21]. Цей підхід дозволяє повністю виключити необхідність водних і сокових підкачок завдяки регулюванню температурного режиму. Таке рішення сприяє зниженню коефіцієнта пересичення, що, у свою чергу, мінімізує об'єм води, що подається з підкачками, та зменшує ймовірність утворення небажаних додаткових центрів кристалізації.

Технологія передбачає ведення випаровування води за максимально низької температури. При досягненні необхідного рівня пересичення, безпосередньо перед утворенням центрів кристалізації, температуру підвищують до 84-86 °С. На цьому етапі вводять цукрову пудру при невеликому пересиченні для досягнення потрібної кількості кристалів, після чого температуру знижують до 80-82 °С. Далі пересичення регулюється шляхом поступового підкачування свіжого сиропу, що повторюється до повного заповнення вакуум-апарату утфелем. При цьому температура утфелю плавно знижується до 78-79 °С. Важливою складовою способу є також проведення міжкорпусної сульфитації та фільтрування сиропу.

Впровадження даного способу забезпечує значне зменшення витрат пари на вакуум-апарати на 2,3 % до маси буряків, а також підвищує їхню загальну продуктивність [22].

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Одержання утфелів на кристалічній основі

У виробничих умовах центри кристалізації створюються штучно, для чого цукровий розчин згущують до коефіцієнта пересичення 1,25-1,3 (лабільний стан) та вносять у нього зародковий матеріал, що є імпульсом для виникнення нових центрів кристалізації у всьому об'ємі розчину [23].

Найчастіше для утворення кристалів при варінні утфелю використовується цукрова пудра або спеціальні пасти (затравкові суспензії). Затравкові кристали отримують двома способами: подрібненням та кристалізацією. Затравковий матеріал, отриманий шляхом подрібнення, має ряд недоліків: неможливість контролювати процес, необхідність використання дорогого обладнання, а також тривалість та складність їхнього виробництва. Крім того, важко дозувати у вакуумний апарат необхідну для повного заповнення кількість затравкових кристалів, оскільки метод подрібнення не дозволяє отримати кристали високого ступеня однорідності [24]

Отримують подрібненням кристалів цукру розміром 0,2-0,7 мм в ізопропіловому або бутиловому спирті зі збереженням їх об'ємного співвідношення 1: (2-2,2) у кульовому млині. Отримана суспензія повинна містити в 100 г не менше 150×10^9 центрів кристалізації сахарози розміром 10-25 мкм [25].

Інший метод отримання кристалів затравочної суспензії базується на зменшенні розчинності сахарози внаслідок випаровування розчинника та подальшого зростання кристалів при охолодженні. Для цього готують насичений цукровмісний розчин при 105-108°C, який потім поділяють на дві частини у співвідношенні 1:2-1:3. Меншу частину охолоджують у вакуумі до 45-50°C для отримання 40-50% кристалів, потім її змішують з більшою, в результаті чого температуру суміші встановлюють рівною 85-90°C. Кількість кристалів збільшується, знижуючи температуру суміші до 75-80°C, при цьому вміст кристалів у суспензії досягає 25-30%. До недоліків цього методу можна віднести складність приготування та нагрівання цукровмісного розчину вище 100°C, що збільшує втрату сахарози через термічний розклад [26].

В останні роки цукрові заводи часто використовують метод Брауншейга для створення центрів кристалізації, в якому процес початкового формування та фіксації кристалів сахарози відокремлений від основних операцій варіння утфелю. Відповідно, методом мікронасичення сахароза змішується з гліцерином, згущується до 76- 78% сухої речовини, затравочні кристали спочатку вирощуються при охолодженні до розміру 0,1-0,12 мм, а потім шляхом випаровування води їх збільшують до 0,3 мм. Далі на цьому маточному утфелі варять у промисловому вакуумному апараті [24].

На думку деяких інших дослідників, щоб усунути недоліки використання цукрової пудри та пасти з насіння для уварювання утфелю першої кристалізації, можна використовувати вихідний матковий утфель.

Приготування маткового утфелю полягає у створенні центрів кристалізації та їх подальшій фіксації у спеціальному охолоджувальному

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

кристалізаторі за певних умов, збільшенні їх при пересиченні 1,05- 1,10 до 100-120 мікрон, а потім збільшенні їх в окремому вакуум-апараті під час кипіння до 200-350 мікрон. Вважається, що використання вихідного маткового утфелю може покращити гранулометричний склад кристалічного білого цукру, тим самим збільшуючи його вихід та зменшуючи витрату води на промивання кристалів у полі відцентрових сил [11].

Підвищити однорідність кристалів цукру та зменшити кількість зростань у їхньому складі можна шляхом кип'ятіння утфелю у вакуумному апараті з механічним перемішувальним пристроєм.

Збільшення циркуляції утфелю у вакуумному апараті також можливе завдяки використанню вторинної пари випарника під час варіння утфелю. Оптимальна витрата пари, що вводиться, становить 4-6% від витрати пари для нагрівання парової камери вакуумного апарату. Було виявлено, що зі збільшенням концентрації цукрового розчину ефективність введення пари зростає.

Умови утворення центрів кристалізації сильно впливають на гранулометричний склад кристалічного цукру, тому при отриманні утфелю першої кристалізації необхідно звертати особливу увагу на стадію зародження кристалів у ньому [28].

Використання кристалізаційної пасти та суспензії як затравки

Для забезпечення рівномірного гранулометричного складу цукру-піску і зменшення вмісту конгломератів необхідний якісний затравний матеріал і зведення до мінімуму утворення вторинних центрів кристалізації протягом усього циклу уварювання утфелів. Діаграма взаємозалежностей за кристалізації наведена на рис. 1.1 [29].

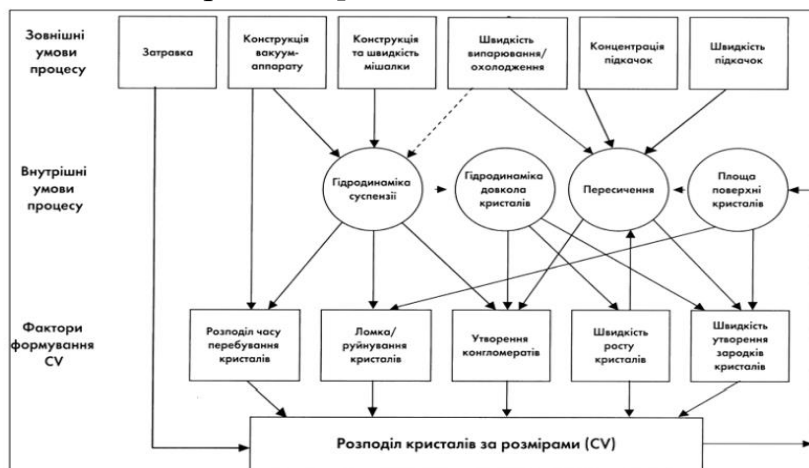


Рисунок 1.1. – Вплив окремих чинників на гранулометрич

Використання цукрової пудри як затравки. Для надійного і швидкого утворення центрів кристалізації цукрози в пересичений розчин стали вводити цукрову пудру. Затравка у вигляді цукрової пудри є найпростішим способом. Цукрову пудру отримують шляхом подрібнення вже готових кристалів цукру на дрібні частинки (уламки), при цьому вони мають різну неправильну форму (рис. 1.2 а) [30]. Потрапляння цих частинок у пересичений розчин насамперед відбувається добудовування кристалів

цукру до первісної форми декаедра, і чим менше уламок кристала, тим більший час витрачається на добудовування і тим пізніше починається подальше зростання кристала. На рисунку 1.2 (б, в) показано, як добудовується кристал сахарози при різних розмірах уламків, введених в пересичений розчин. Затінена частина кристала – це введена частинка цукру, світла – нарощувана частина. У разі використання цукрової пудри як центрів кристалізації виходить різний гранулометричний склад кристалів цукру не тільки через різного розміру частинок цукру, а й через те, що при введенні пудру в вакуум-апарат, як правило, утворюються ще й нові центри кристалізації [30,31]. Усе це подовжує час кристалізації, ускладнює процес уварювання утфелю, їх центрифугування і збільшує невраховані втрати цукру за рахунок перекристалізації.

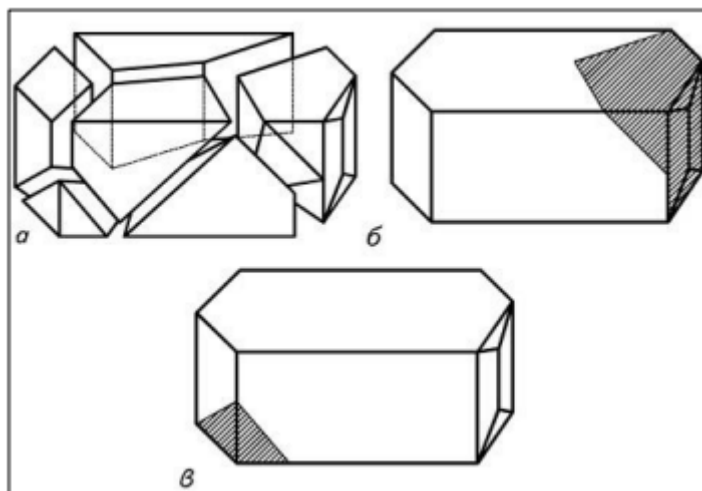


Рисунок 1.2 – Схема добудовування кристалу цукру з зруйнованого кристалу: а – роздроблений кристал цукру; б – добудова з великої частинки кристала цукру; в – добудова з маленької частинки кристала цукру

Використання маточного утфелю як затравки. Останнім часом на заводах як затравку кристалів за уварювання утфелю І продукту використовують маточний утфель, який попередньо уварюється з сиропу з клеровкою. Для утворення в ньому центрів кристалізації зазвичай використовується затравна паста. В цьому випадку добудова кристалів цукру і їх нарощування до розмірів від 200 до 350 мкм відбувається в окремому вакуум-апараті. Отриманий маточний утфель відрізняється високою рівномірністю кристалів і не містить конгломератів. За уварювання утфелю І вводиться розрахункова кількість маточного утфелю з необхідним вмістом кристалів. Цей прийом дозволяє знизити час уварювання утфелю, що позначається і на якості цукру, і на його гранулометричному складі. За уварюванні маточного утфелю відбувається тільки нарощування кристалів цукру до заданого розміру. У цьому утфелі можна регулювати кількість кристалів цукру і, відповідно, простіше розрахувати їх необхідну кількість, що подається з маточного утфелю на уварювання утфелю І. Холодний «крісталізатор» можна використовувати і для заведення кристалів на наступні утфелі. За такого способу заведення кристалів ефективність роботи

кристалізаційного відділення істотно підвищується за рахунок скорочення часу кристалізації, витрати пари на уварювання утфелю і збільшення виходу цукру [32].

Як затравну основу за приготування маточного утфелю використовують цукрову пудру, подрібнену у вологому стані в ізопропанолі. Для збереження стану суспензії її необхідно ретельно перемішувати. Розміри мікрочастин такої суспензії мають широкий фракційний склад – від 10 до 50 мкм, що призводить до утворення неоднорідних центрів кристалізації.

Після охолодження отриманого продукту розмір кристалів знаходиться в межах приблизно 0,1...0,13 мм. Такий маточний утфель може використовуватися для отримання дрібнокристалічного утфелю або спрямований на подальшу обробку для досягнення розмірів затравних кристалів 0,3 мм. Маточний утфель для першої кристалізації повинен відповідати особливим вимогам, тому метод його підготовки досить складний і вимагає установки додаткового обладнання. Впровадження даної схеми отримання утфелей на вітчизняні цукрові заводи досить дороге.

Затравна паста «Магмас». Досвід у застосуванні спеціальних затравних паст при кристалізації цукру накопичений в Українському науково-дослідному інституті цукрової промисловості, фахівцями якого розроблена затравна паста «Магмас». Затравна паста «Магмас» – трьохкомпонентна однорідна система, виготовлена на основі дрібнодисперсного цукру, етилового спирту і поверхнево-активної речовини.

Затравна паста «Магмас» випускається у вигляді сформованої дозованої твердопластичної палички масою 30 г. довжиною 120 мм і діаметром 25 мм, з розміром кристалічних центрів 1 – мікрон і у вигляді м'яко-пластичної сметано-подібної маси з розміром кристалічних центрів 1 = 8 мікрон і 1 = 12 мікрон.

Одне з істотних переваг цієї пасти – наявність в її складі поверхнево-активної речовини, що володіє стабілізуючим і пластифікуючими властивостями. Завдяки стабілізуючій властивості поверхнево-активна речовина поліпшує умови зародження кристалів, зменшує в'язкість продукту в вакуум-апараті, збільшує швидкість кристалізації, запобігає вторинному кристалоутворенню [33].

Затравна суспензія «ССС-Р». Розробник ПП «Спеціальні Технології Інноваційна Діяльність», декламує її як каталізатор-ініціатор фізико-хімічних процесів за кристалізації цукру. Затравними центрами кристалізації виступають мікрочастини цукру, близькі за формою та розмірами, 95% яких мають величину 8 ± 2 мкм.

Суспензія виготовляється шляхом змішування кристалів товарного цукру з рідиною, що їх не розчиняє до прикладу етиловим спиртом в певному співвідношенні, подрібнення кристалів цукру в пристрої для подрібнення, а також нових істотних ознак процес подрібнення і змішування здійснюють одночасно, втомлюючим методом, в режимі коливань подрібнюючого пристрою згідно із законом, близьким до гармонічного. Початковими компонентами є товарний цукор і зневоднений етиловий спирт. Суміш

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

завантажують у робочий орган пристрою для подрібнення, який не обертається, а закріплений на пружинах Робочий орган на пружинах здійснює плоскопаралельні коливання еліптичної форми в площині, перпендикулярній вісі барабана згідно із розрахованим законом, близьким до гармонічного. Подрібнення кристалів товарного цукру здійснюють фракціями подрібнюючих тіл, при співвідношенні мас від 1,51 до 31. Вибрані розміри тіл, їх співвідношення, а також режими коливань дозволяють за рахунок численних слабких впливів здійснювати втомлююче руйнування, на відміну від силового ударного, характерного для будь-яких видів млинів. Завдяки слабкому впливу обраної частоти, амплітуди і направленості, суміш (кристали цукру-спирт) набуває абсолютно нової якості вона швидко гомогенізується й одночасно подрібнюється. Таким чином в одному апараті здійснюють повне виготовлення суспензії [32].

Багатокомпозиційна рідкоплинна затравна суспензія «Кристал». Спеціалістами ТОВ «Продтехін» створена багатокомпозиційна рідкотекуча затравна суспензія «Кристал», виготовляється у вигляді рідкого матеріалу із високим ступенем текучості. Дрібнодисперсні кристалики цукру мають розмір 2-4 мікрона. Як рідку основу використано поверхнево-активні речовини, густина яких відповідає густині кристалів цукру. Внаслідок цього дрібнодисперсні кристалики цукру знаходяться у завислому стані і протягом тривалого часу практично не відбувається їх осадження. Це забезпечує довготривале зберігання затравної суспензії із збереженням всіх вихідних фізико-хімічних характеристик.

Використання багатокомпозиційної рідкотекучої затравної суспензії «Кристал» дозволяє забезпечити: зручність введення затравки у режимі автоматизованого вару, зниження до мінімуму часу кристалоутворення та часу уварювання утфелю, отримати цукор із більш-менш рівномірними і крупними кристалами, поліпшення центрифугуючих властивостей утфелю, зменшення витрат води на промивання цукру [34].

Препарат для заведення кристалів «Kebo Slurry». Препарат для заведення кристалів, що не містить ізопропанол «Kebo Slurry» застосовують для заведення кристалів у вакуумапаратах. Це суміш поліетиленгліколю та дуже дрібних, рівномірно розмелених часточок сахарози середньою зернистістю 11 ± 1 мкм, препарат не гігроскопічний. Дисперсія частинок у рідині, враховуючи її поляризацію, настільки однорідна, що практично не утворюються агломерати. Спеціальний метод виробництва препарату забезпечує навіть під час подрібнення неможливість зростання часток. Дозування «Kebo Slurry» відбувається безпосередньо із спеціальної упаковки, без додаткової витрати гліцерину. Витрата препарату залежить від заданої кінцевої величини кристалів, а також від продуктової схеми заводу [35].

Затравні матеріали, що самостійно виготовляють цукрові заводи. Спосіб, реалізований на принципі дії англійського млина Talo Slurry Mill [32]. Суть способу полягає в наступному Заздалегідь готують певну кількість цукру, однорідних за розміром кристалів, шляхом просіювання на решетах. На одне завантаження беруть 1,62кг цукру і змішують з 3,60 л зневодненого

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

етилового спирту (співвідношення цукор-спирт приблизно 1:2) і завантажують у кульовий млин. Приготування затравки здійснюють протягом 6 годин, причому, за 5 хв до кінця роботи млина додають 250мл дистильованої води, чим гарантують розчинення «борошна» у готовій суспензії. Гарантується наступний дисперсний склад суспензії 1-5 мкм – 39%; 5-10 мкм – 57% більше за 10 мкм – 4%.

Витрати суспензії на кожні 10м³ ємності вакуум-апарата 45-65мл, термін зберігання суспензії – 3 доби. Об'єм барабана млина – 5 л, вага куль – 2,25 кг.

Недоліком способу є те, що подрібнення кристалів товарного цукру у млинах будьякої конструкції супроводжується нерівномірністю дисперсного складу затравки, яка містить велику кількість рівновеликих уламків кристалів розміром, менших за 5 мкм та більших за 20 мкм, що знижує її технологічні властивості, а частки кристалів потрібних розмірів мають здебільш дендритну, відмінну від ізометричної, форму, через силові ударні впливи куль на кристал цукру у продовж усього процесу подрібнення суспензію, за відомою технологією, готують протягом досить тривалого часу (6 годин), а термін зберігання вельми обмежений – до трьох діб [36].

Одержання утфелю І кристалізації з використанням маточного (затравочного утфелю)

Маточний утфель (МУ) для першої кристалізації повинен відповідати особливим вимогам, тому метод його підготовки достатньо складний і вимагає додаткового обладнання. Ідея полягає в тому, що процес початкового кристалоутворення та закріплення кристалів виділяється із циклу отримання утфелю в окремий процес підготовки маточного утфелю (МУ).

Процес підготовки МУ полягає в тому, що сироп в апараті доводиться до концентрації СР 75—76%, а потім охолоджується до температури близько 50°С. При досягненні температури 50°С пересичення досягає величини 1,1 і в апарат подається підготовлена затравна паста або пудра. Після охолодження отриманого продукту розмір кристалів досягає приблизно 0,1—0,13 мм. Таку кристалічну затравку може бути безпосередньо використано для одержання дрібнокристалічного утфелю або він проходить подальшу обробку у вакуум-апараті, де розмір кристалів доводиться до 0,3 мм. Кристалічна затравна суспензія по трубопроводах замкненого контуру з прийомної мішалки насосом подається в напірну мішалку, а звідти вже — у ВАПД.

Створення якісної кристалічної затравки, хоч і є досить складним етапом, проте сприяє значному полегшенню процесу кристалізації, оскільки критичні фази утворення й початкового нарощування кристалів відбуваються відокремлено від процесу приготування кінцевого продукту. Незважаючи на відносну складність одержання маточного утфелю, він має високі якісні показники (рівномірність кристалів, відсутність конгломератів), що дає змогу збільшити продуктивність ВАПД, використовувати сиропи високої концентрації, зменшити споживання пари та збільшити вихід кристалічного

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

цукру з утфелю за рахунок більшої рівномірності кристалів, що сприяє зменшенню затрат води на пробілювання.

Виробничі дослідження показують, що впровадження такого способу уварювання утфелю забезпечує збільшення виходу кристалічного цукру з утфелю, зменшення витрат води на пробілювання та витрат палива. Розрахунки показують, що застосування такого способу дає змогу на 20—30% збільшити продуктивність ВАПД I продукту та на 10—15% — II і III продуктів, зменшити витрати електроенергії в кристалізаційному відділенні, а також втрати цукру від термічного розкладу [37].

На провідних світових цукрових заводах широко застосовуються три основні методи використання маточного утфелю: технології компанії CSM Suiker (Нідерланди), а також Брауншвейгський та Регенсбурзький (Німеччина) методи.

Брауншвейгський метод, детально описаний на рис. 2.1, передбачає три стадії підготовки маточного утфелю:

- Попереднє створення кристалічної затравочної суспензії у мішалці (1).
- Формування кристалічної основи з середнім розміром кристалів 100-120 мкм (0,1-0,12 мм) шляхом охолодження у мішалці-кристалізаторі (2).
- Збільшення розміру кристалів основи до 300 мкм (0,3 мм) у спеціальному вакуум-апараті (4).

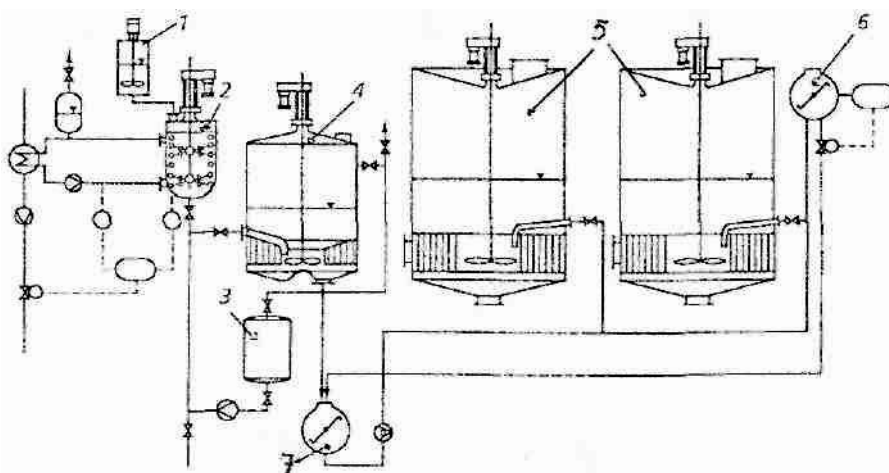


Рисунок 1.3 – Технологічна схема одержання цукрових утфелів за Брауншвейгським способом: 1 – мішалка для приготування затравочної суспензії; 2 – мішалка-кристалізатор; 3 – збірник сиропу; 4 – вакуум-апарат для нарощування кристалів цукру; 5 – вакуум-апарати утфелю I кристалізації; 6 – мішалка маточного утфелю біля вакуум-апаратів; 7 – приймальна мішалка маточного утфелю

Готовий маточний утфель зберігається у двох мішалках. З приймальної мішалки (7) він подається насосом до мішалки (6), розташованої біля вакуум-

Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	21

апаратів. Початкове завантаження кристалічної основи (маточного утфелю) у вакуум-апарати утфелю I кристалізації відбувається з трубопроводу, що сполучає ці дві мішалки.

Хоча процес отримання маточного утфелю є відносно складним, він забезпечує високу якість продукту, що проявляється в однорідності кристалів та відсутності зростків. Це дозволяє використовувати сироп вищої концентрації, підвищуючи продуктивність вакуум-апаратів, зменшуючи споживання пари та збільшуючи вихід кристалічного цукру завдяки більш рівномірному розміру кристалів, що, в свою чергу, знижує витрати води на пробілювання. Крім того, зменшується кількість відтоків та пов'язані з їх переробкою експлуатаційні витрати.

Застосування цього методу дозволяє збільшити продуктивність вакуум-апаратів першого ступеня кристалізації на 20-30%, а другого та третього ступенів – на 10-15%. Також спостерігається зниження витрат пари у продуктовому відділенні на 10-15% та електроенергії на 10-12%, покращення якості товарного цукру, зменшення втрат сахарози від термічного розкладання та зниження її вмісту в мелясі.

В Україні метод отримання утфелю I кристалізації на кристалічній основі (маточному утфелі) вперше був впроваджений на Чортківському цукровому заводі [38].

Отримання утфелю II кристалізації з використанням клеровки жовтого цукру III кристалізації

На деяких цукрових заводах, щоб підвищити якість відтоків утфелю II продукту, які надалі використовуються для утфелю III продукту, до основного компонента додають клеровку жовтого цукру з третьої кристалізації.

З цією метою були проведені виробничі дослідження, що виявили такі ключові аспекти технології:

- Утфель I отримують із сульфітованого та фільтрованого сиропу, а також клеровки жовтого цукру другої кристалізації та другого відтоку утфелю першої кристалізації.

- Утфель третьої кристалізації виробляють з відтоків утфелю II продукту. Жовтий цукор третьої кристалізації змішують з першим відтоком утфелю I для формування афінаційного утфелю з вмістом сухих речовин 89-90%, який потім подається утфельним насосом до мішалки біля вакуум-апаратів. За потреби, афінаційна маса може бути використана як кристалічна основа у вакуум-апараті другої кристалізації.

- Перед запуском процесу отримання утфелю другої кристалізації у вакуум-апарат завантажують афінаційний утфель, виготовлений з жовтого цукру третьої кристалізації, в об'ємі, що відповідає початковому заповненню апарату. Подальше виготовлення утфелю відбувається на першому відтоці утфелю I продукту.

Таким чином, процес отримання утфелю другої кристалізації зводиться до нарощування цукрових кристалів на відтоці утфелю I продукту. Це забезпечує такі переваги:

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- Час отримання утфелю II кристалізації скорочується майже вдвічі, що призводить до зменшення неврахованих втрат цукрози на 0,02% від маси буряків, збільшуючи вихід цукру та знижуючи вміст цукрози в мелясі.

- Усувається потреба в окремій станції центрифуг для афінаційного утфелю.

- Покращується гранулометричний склад кристалів жовтого цукру, і збільшується їх лінійний розмір, що скорочує тривалість циклу центрифугування на 20-25% та покращує якість клеровки для утфелю I продукту.

Для впровадження цього методу на майданчику вакуум-апаратів необхідно встановити мішалку для афінаційного утфелю об'ємом, що дорівнює об'єму початкового завантаження вакуум-апарату. Ця мішалка та трубопроводи, що з'єднують її з вакуум-апаратами другої кристалізації, повинні бути обладнані заслінками та приладами для пропарювання [39].

Схема з використанням частини утфелю II кристалізації як кристалічної основи для отримання утфелю III кристалізації

Низька якість цукрових буряків і, як наслідок, низька чистота сиропу, що надходить на кристалізацію, створює значні труднощі при використанні традиційної трикристалізаційної схеми: знижується якість білого цукру, зростає вміст цукру в мелясі, і навіть виникає ризик зупинки всього заводу. Основна причина цих проблем полягає у занадто тривалому процесі утворення кристалів цукру у вакуум-апаратах третьої кристалізації, а також у тому, що розмір кристалів у готовому утфелі стає в 2-3 рази меншим за звичайні, що ускладнює їх відділення від міжкристального розчину в центрифугах, роблячи його надто тривалим або майже неможливим.

В таких умовах технологи змушені перейти на двокристалізаційну схему, що, однак, призводить до значних негативних наслідків, таких як підвищена кольоровість білого цукру, збільшення вмісту цукру в мелясі та зниження виходу цукру.

З огляду на ці проблеми, спеціалісти УкрНДЦП розробили універсальну схему отримання та кристалізації утфелів, що дозволяє стабілізувати роботу продуктового відділення навіть при різній чистоті сиропів. Ця схема передбачає трикристалізаційний метод уварювання утфелів, при цьому утфель III продукту отримують на основі утфелю II продукту. За цією схемою утфель першої кристалізації виробляється за класичною трикристалізаційною методикою. Утфель другої кристалізації отримують з відтоків утфелю I з використанням відтоку II до початку стадії утворення кристалів цукру. Після завершення процесу отримання утфелю II кристалізації розраховану кількість утфелю направляють у заздалегідь підготовлений порожній вакуум-апарат третьої кристалізації. Решту утфелю випускають в утфелемішалку утфелю II кристалізації і центрифугують "на гарячо" разом з афінаційним утфелем жовтого цукру третьої кристалізації, відбираючи один відтік.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Утфель III продукту отримують на готовій кристалічній основі утфелю II продукту та загального відтоку, відібраного при центрифугуванні суміші утфелю II кристалізації та афінаційного утфелю. Надалі утфель III продукту проходить додаткову кристалізацію в утфелемішалках-кристалізаторах безперервної дії з охолодженням до 30-35°C, потім підігрівається до 40-50°C, а потім центрифугується з відбором одного відтоку — меляси.

Для підтримання стабільних показників кристалізації та центрифугування утфелю останнього ступеня кристалізації, чистота утфелю постійно підтримується на рівні 77-78% незалежно від якості переробленої сировини.

Промислові дослідження показали, що ця схема забезпечує безперебійну роботу продуктового відділення без ускладнень з виробництвом цукру, що відповідає стандартам ДСТУ, навіть з сировини чистотою 90% і нижче.

Основні особливості та переваги цього методу включають:

- Виключення стадії утворення кристалів цукру у вакуум-апаратах третьої кристалізації, яка є дуже трудомісткою та тривалою при виробництві утфелю з відтоків низької чистоти та високої в'язкості.

- Можливість отримання утфелю третьої кристалізації навіть з відтоків чистотою 70% і нижче завдяки наявності готової кристалічної основи на початку процесу у вакуум-апаратах.

- Збільшення чистоти сиропу за рахунок підвищеної чистоти клеровки жовтих цукрів, що значно збільшує вихід кристалічного цукру з утфелю першої кристалізації та зменшує кількість цукру, що переходить у міжкристальний розчин.

- Готова кристалічна основа дозволяє скоротити час отримання утфелю третьої кристалізації на 1-1,5 години, при цьому значно покращується гранулометричний склад кристалів цукру та збільшується їх розмір (до 0,5-0,6 мм, що в 1,5-2 рази більше, ніж при традиційному способі).

- Дослідження показали, що досягти глибокого виснаження міжкристального розчину утфелю останнього ступеня кристалізації простіше, ніж відділити його центрифугуванням, оскільки він є дуже в'язким, і його фільтрувальні показники погіршуються настільки, що станція центрифугування не забезпечує необхідної продуктивності та якості продуктів.

- Завдяки більш глибокому виснаженню міжкристального відтоку утфелю третьої кристалізації та зменшенню тривалості процесу, вміст цукру в мелясі знижується на 0,2-0,3% від маси буряків, чистота меляси падає на 2-3% порівняно з традиційною схемою, а невраховані втрати цукру зменшуються на 0,05% від маси буряків. Кольоровість білого цукру знижується на 0,2-0,3 умовних одиниць.

- Жовтий цукор, отриманий за допомогою універсальної схеми, має знижену кольоровість, а його чистота досягає 98-98,5% [39].

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Використання вертикальних утфелемішалок-кристалізаторів для охолодження утфелю останньої кристалізації

У бурякоцукровому виробництві існує ряд методів, спрямованих на інтенсифікацію безперервної кристалізації цукрових утфелів останнього продукту в мішалках-кристалізаторах. Вони в основному зводяться до двох напрямків — удосконалення технології кристалізації та кристалізаційного обладнання.

Технологія кристалізації цукрових утфелів останнього продукту удосконалювалась переважно проміжним центрифугуванням, різними варіантами розбавлення та теплової обробки утфелів. Ці заходи застосовуються з метою уникнення вторинного кристалоутворення, зменшення в'язкості й підтримання оптимального перенасичення межкристального розчину.

Прийнятий режим охолодження з існуючих станціях кристалізації становить 28 — 32 години. Нього часу за існуючого обладнання недостатньо для ведення кристалізації охолодження без негативного впливу вторинного кристалоутворення. Як свідчать дослідні дані, температурні перепади в утфелі при його кристалізації в горизонтальних кристалізаторах досягають понад 10°C. Це призводить до значних перенасиченостей в окремих зонах і, як наслідок, до вторинного кристалоутворення, що збільшує втрати цукру в мелясі.

Одержати позитивні результати кристалізації охолодження можна не лише поліпшенням технологічних тепломасообмінних факторів, а й за допомогою нових конструктивних рішень, що забезпечують сприятливі умови кристалізації.

Існуючі конструкції вертикальних кристалізаторів з нерухомими поверхнями теплообміну створюють сприятливі умови для утворення на них інкрустованого шару цукру, товщина якого може досягати 10 мм, що значно зменшує інтенсивність теплообміну і, як наслідок, процесу кристалізації. Крім того, існуючі перемішувальні пристрої у таких кристалізаторах не дають змоги використовувати значну частину корисного об'єму для розміщення поверхонь теплообміну. Кількість цих недоліків частково зменшилась в існуючих кристалізаторах з рухомою поверхнею нагрівання, але і в них об'єм утфелю, що перетинається рухомою поверхнею теплообміну, за один оберт не перевищує 50% від корисного. Нами розроблено нову конструкцію кристалізатора, яка значною мірою враховує згадані недоліки. Її особливість у тому, що поверхню теплообміну виконано у вигляді трубчастих спіралей, закріплених на трубовалі. Ці елементи здійснюють реверсивний обертний рух з кутом обертання до 290° і протягом одного подвійного ходу перемішують і контактують з утфелем практично по всьому об'єму кристалізатора, суміщаючи функції перемішування й теплообміну. Реверсивне обертання вала з поверхнею теплообміну здійснюється за допомогою гідравлічного привода. При цьому, завдяки циклічній зміні напрямку його руху створюються зустрічні потоки утфелю відносно поверхонь теплообміну. В результаті поліпшується перемішування,

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

зменшується інкрустований шар на поверхнях теплообміну. Це поліпшує умови кристалізації завдяки інтенсивнішому теплообміну, вирівнюванню полів температур і перенасиченостей. І, нарешті, підвищуються якісні характеристики утфелю й зростає вихід цукру.

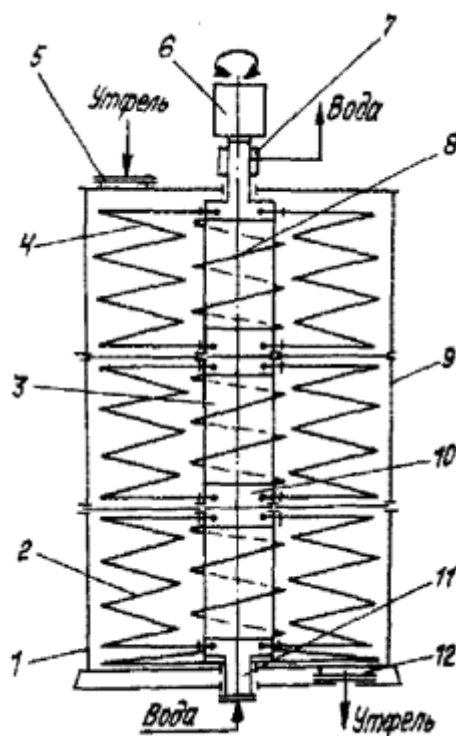


Рисунок 1.4. – Вертикальний кристалізатор утфелю останнього продукту.

1 — корпус нижнього модуля; **2, 4, 8** — елементи теплообміну; **3** — трубовал; **5** — патрубок входу утфелю; **6** — гідропривод; **7** — пристрій для відведення води; **9** — корпус проміжного модуля; **10** — перехідна камера; **11** — нижній опорний вузол з патрубком підведення води; **12** — патрубок виходу утфелю

Співробітники УкрНДЦП розробили та налагодили серійне виробництво вертикальної утфелемішалки-кристалізатора Ш1–ПКВ, що має корисний об'єм 150 м³ [25]. Цей кристалізатор складається з семи царг, кожна з яких містить по два горизонтально розташовані теплообмінні елементи у вигляді паралельних рядів труб діаметром 57 мм. Ці елементи розміщені один над одним на відстані 750 мм. У центрі апарата проходить вал, оснащений перемішувальними пристроями.

Для охолодження утфелю останньої кристалізації на цукрових заводах потужністю до 3 тис. тонн перероблення буряків на добу була розроблена спеціальна установка, схема якої представлена на рис. 1.5 [42]. Ця система включає дві утфелемішалки-кристалізатори, утфельний насос зі змінною частотою обертання змішувача, замкнуту оборотну водну систему охолодження утфелю (зі збірником, насосами та теплообмінниками), а також збірник конденсату, призначений для підігріву утфелю перед центрифугуванням.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

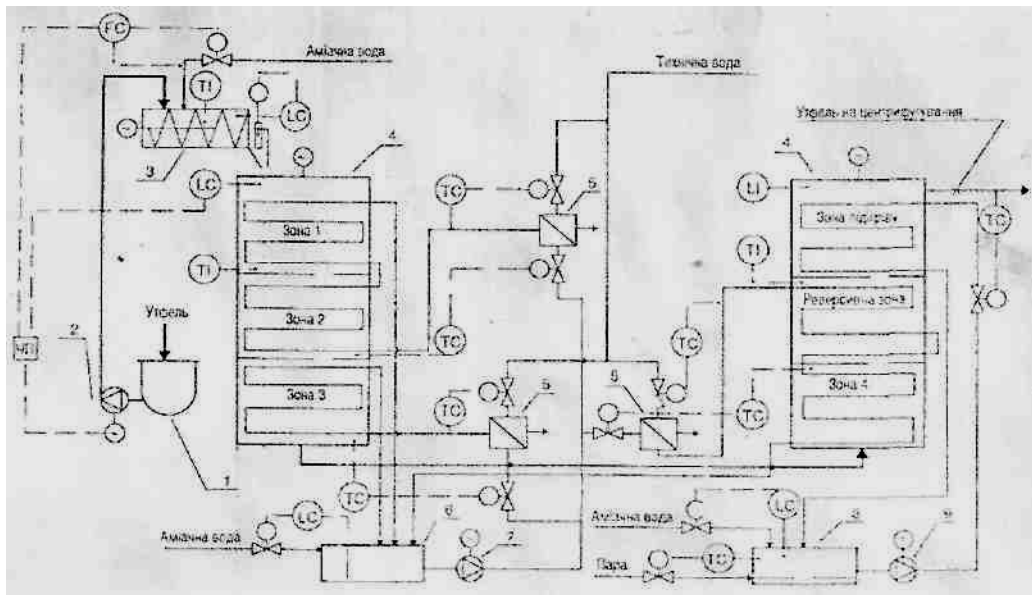


Рисунок 1.5 – Схема установки для охолодження утфелю останньої кристалізації: 1 – приймальна утфелемішалка; 2 – насос подавання утфелю в змішувач; 3 – змішувач; 4 – вертикальний кристалізатор; 5 – теплообмінники; 6 – збірник охолоджувальної води (конденсату); 7, 9 – насоси; 8 – збірник води для підігрівання конденсату

Процес охолодження відбувається наступним чином: утфель останньої кристалізації подається афінаційним насосом (2) до змішувача (3). Туди ж надходить конденсат, який використовується для регулювання ступеня пересичення міжкристального розчину до необхідного рівня. Далі утфель самопливом надходить до першого кристалізатора (4), де відбувається його охолодження за принципом протитечії (зони 1, 2, 3). Після проходження першого кристалізатора, утфель відбирається в нижній його частині та направляється у другий кристалізатор для подальшого охолодження. Безпосередньо перед подачею на центрифугування, утфель підігрівається в останній зоні кристалізатора на 8-10 °С. Важливою умовою є те, що температура конденсату для підігріву утфелю не повинна перевищувати 65 °С.

Така технологічна установка дозволяє підвищити ефективність кристалізації на 7-8%, що безпосередньо призводить до зниження вмісту цукрози в мелясі та збільшення виходу товарного цукру-піску [42]. Крім того, спостерігається покращення гранулометричного складу кристалів, що значно полегшує процес їх подальшого центрифугування.

Очистка жовтого цукру утфелю III кристалізації від нецукрів за допомогою афінації

Клеровка жовтого цукру третьої кристалізації разом з нецукрами мелясної плівки не повинна попадати на уварювання утфелю першої кристалізації. Для запобігання цьому необхідно проводити афінацію жовтого цукру третьої кристалізації. Проте, на уварювання утфелю першої кристалізації буде повертатися плівка першого відтоку першого утфелю, що

не повністю вирішує проблему повертання нецукрів на уварювання утфелю першого продукту [43].

Жовтий цукор, отриманий після останньої стадії кристалізації, є сумішшю цукрових кристалів, покритих шаром меляси. Нецукрові домішки, що залишаються в цій мелясній плівці, зазвичай повертаються в утфель першої кристалізації разом з клеровкою. Однак, таке повернення призводить до багаторазового нагрівання цих нецукрів у вакуум-апаратах та збірниках, що є причиною додаткових втрат цукру та збільшення утворення меляси. Більше того, нецукрові речовини з поверхнево-активними властивостями, зокрема барвники, адсорбуються на поверхні зростаючих кристалів або вбудовуються в їхню кристалічну решітку, погіршуючи якість кінцевого цукру. Для запобігання цим негативним явищам, стандартна технологічна схема передбачає процес афінації жовтого цукру, що являє собою механічне очищення поверхні кристалів від нецукрів [38].

Основна мета афінації полягає у зменшенні кількості нецукрових домішок, що повертаються до утфелю першої кристалізації, і, відповідно, підвищенні його чистоти.

Афінацію жовтого цукру, отриманого з утфелю третьої кристалізації, проводять за допомогою першого відтоку утфелю першої кристалізації, розбавленого до вмісту сухих речовин 74-76%. Для цього змішують приблизно 40% жовтого цукру третьої кристалізації та 60% першого відтоку утфелю першої кристалізації. Отримана афінаційна суміш перемішується в афінаційній мішалці протягом 20 хвилин, після чого направляється на центрифуги безперервної дії. В результаті афінації, чистота цукру-афінаду зростає на 3-4 одиниці, а його кольоровість зменшується на 5-10 одиниць порівняно з початковим жовтим цукром.

Таким чином, афінація жовтого цукру останньої кристалізації є важливим та ефективним фактором для підвищення якості готової цукрової продукції.

Проаналізувавши відомі методи проведення окремих технологічних процесів бачимо необхідність удосконалення технологічної схеми та модернізації обладнання.

Тому пропонуємо такі заходи:

- провести модернізацію вакуум-апаратів;
- використовувати двостадійне уварювання утфелю I кристалізації;
- впровадити низькотемпературний режим уварювання утфелів II і III кристалізації;
- впровадження очистки жовтого цукру утфелю III кристалізації від нецукрів за допомогою афінації.

					Розділ 1. Характеристика підприємства, техніко-економічне обґрунтування прийнятих заходів з технічного переоснащення кристалізаційного відділення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

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

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

Технологічна схема продуктового відділення повинна забезпечувати одержання високоякісного товарного цукру при малому вмісті цукрози в мелясі, малих втратах цукрози від розкладання та мінімальних витратах пари. Чим краще витримуються ці умови, тим краще схема підходить до даного виробництва

Аналізуючи роботу продуктового відділення Згурівського цукрового заводу, можна зробити висновок про існування резервів по її покращенню шляхом зменшення вмісту цукрози в мелясі, зменшення кількості цукрози, що розкладається під час уварювання утфелів, а також покращення якості цукру-піску.

Для вирішення поставленої мети в проєкті передбачаються такі заходи:

- модернізація вакуум-апаратів - встановлення механічних циркуляторів у вакуум-апаратах , монтаж 2 спускних патрубків в нижній частині вакуум-апарату. Це дозволить покращити показники процесу уварювання утфелів, збільшити вихід кристалічного цукру з утфелю I кристалізації з 48% до 52-54%, суттєво зменшити тривалість уварювання утфелів відповідно I, II та III кристалізацій, вихід цукру збільшиться на 0,35% до маси перероблених буряків;

- використання двостадійного уварювання утфелю I кристалізації. При уварюванні утфелю I кристалізації на маточному утфелі, зменшується час уварювання в середньому на 1,5 год., що зменшить втрату цукрози від розкладання на 0,05-0,06% до м.б. і зменшить витрати пари на уварювання утфелів , збільшується вихід кристалічного цукру з утфелю до 50-52% за рахунок великої рівномірності кристалів, скорочується кількість води при побілюванні цукру у центрифугах, знижується кольоровість і вміст золи в білому цукру на 15-17%. Для реалізації цього заходу встановлюємо мішалки, для уварювання утфелю використовуємо існуючі модернізовані вакуум-апарати.

- впровадження низькотемпературного режиму уварювання утфелів II і III кристалізації, що дозволить скоротити тривалість уварювання утфелів на 1-1,5 години.

Суть запропонованого технологічного режиму полягає в наступному:

- згущення цукрового розчину до заведення кристалів ведуть при максимальному розрідженні у вакуум-апараті;

- процес заведення кристалів здійснюють шляхом затравки при температурі кипіння, що відповідає максимальному розрідженню;

- з метою зменшення підкачки води для зменшення пересичення , температури кипіння утфелю в апараті після утворення кристалів

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічних схем	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

підвищують на 4-5°C шляхом відповідного зниження розрідження у вакуум-апараті за допомогою регулюючої заслонки;

- після заведення кристалів і закріплення їх двома-трьома наступними підкачками поступово відкривають регулюючу заслонку, підвищуючи розрідження в апараті і приводять температуру утфеля у відповідність з температурою мінімальної в'язкості, яка в залежності від чистоти утфелю знаходиться в межах 70-58°C. Це дає можливість вести процес уварювання при послідовному постійному зниженні температури, яка не повинна суттєво відрізнятись від відповідної температури мінімальної густини

При уварюванні утфелю II ступені кристалізації чистота міжкристального розчину знижується від 76-78% до 62-63%. Це відповідає відповідному зниженню температури мінімальної густини від 70-68 до 60-62°C. При розробленому режимі уварювання утфелів втрати цукрози від розкладання знижуються на 0,1% до маси буряків, а витрати палива за рахунок нагріву вакуум-апаратів вторинною парою II корпусу випарної установки знижуються на 0,2% до маси буряків;

- пробілювання утфелю I кристалізації сиропом. Монтаж такої схеми не потребує великих витрат потрібно :

- встановити 2 високонапорні насоси для створення тиску 5-6 ат.;

- форсунки для сиропу потрібно встановити окремо для води, на заводі використовується звичайна щілинна форсунка;

Сироп поступає із збірника сиропу перед вакуум-апаратами з температурою 80-90°C і подається додатково встановленими високонапорними насосами (тиск 5-6 ати) через уловлювач на окрему форсунку;

- кількість сиропу регулюється клапаном , завдання встановлюється по результатах аналізів;

- на комп'ютері встановлюється завдання по результатах аналізів.

В результаті вихід цукру з одного апарату збільшується на 1,5т, це дозволить знизити витрати води на пробілювання цукру на 35% і збільшити вихід цукру на 0,08 % до м. буряку.

Впровадження цих заходів дозволить збільшити вихід цукру на 0,35% до маси буряків ,зменшити втрати цукру в мелясі, отже покращити якість продукції.

2.2. Опис удосконаленої технологічної схеми

Уварювання утфелю I кристалізації планується проводити з використанням « маточного» утфелю.

«Маточний» утфель вариться з сиропу з клеровкою. Затравочна доза пасти складає приблизно 1 л. Утфель вариться до розмірів кристалу -100 мкм , по заданій програмі у вакуум-апараті – поз.2 -. Наварюється приблизно 70%, випускається в приймальну мішалку – поз.3 - маточного утфелю. З мішалки насосом подається на напірну дозуючу мішалку – поз.5-, яка змонтована на площадці вакуум-апаратів на рівні, який на 2 м перевищує

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічних схем	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

рівень парових камер вакуум-апаратів. Напірний трубопровід прокладений вздовж вакуум-апаратів I продукту, з нього є врізки в апарат з заслінкою.

За цією схемою «маточний» утфель із мішалки поступає в вакуум-апарати –поз. 7 - і уварюється до вмісту сухих речовин 92,5%. Готовий утфель I кристалізації спускають в приймальну утфелемішалку -поз.8 -, де до нього додають воду температурою 75°C для зниження коефіцієнта пересичення міжкристалевого розчину до 1,03-1,06 .

Звільнений вакуум-апарат пропарюють парою із I корпусу випарної установки і утворений розчин цукру приєднують до утфелю.

Із утфелемішалки утфель поступає через утфелерозподільувач -поз.9 - в центрифуги- поз.10- , де його центрифугують з відбором двох витоків : першого (міжкристальний розчин утфелю) і другого, отриманого в результаті промивання кристалів цукру-піску артезіанською водою температурою 70-95°C. Різниця по чистоті витоків повинна бути 5-7%. Для пробілювання використовують сироп. Сироп поступає із збірника сиропу перед вакуум-апаратами з температурою 80-90°C і подається додатково встановленими високонапорними насосами (тиск 5-6 ати) через уловлювач на окрему форсунку;

Пробілений цукор-пісок вологістю 0,8-1% вивантажують на віброконвеєр -поз.11 - і елеватором -поз.12 - підіймають в сушильне відділення, в сушильно-охолоджувальну установку СПС– поз.52 , де його висушують до вологості 0,14% гарячим повітрям, яке нагрівається в калорифері – поз.56 -, а потім охолоджують холодним повітрям.

Відпрацьоване повітря очищається в циклонах та надходить у атмосферу. Із сушильного барабану системою транспортерів – поз.63 - та елеваторів – поз.53- направляють на відділення феромагнітних домішок, комків, цукрової пудри та розділяють на фракції. Після цього цукор-пісок поступає до бункерів – поз.64 - і на упаковку – поз.65 - в мішки вагою до 50 кг, а потім спрямовують в склад.

Витоки, отримані при центрифугуванні утфелю I, перекачують у збірник -поз.17 - для першого витоків і збірник -поз.18 - для другого витоків.

Утфель II кристалізації уварюють із другого і першого витоків утфелю в вакуум-апаратах - поз.19 - до вмісту сухих речовин 93%, спускають в приймальну утфелемішалку - поз.20 - і збризкують гарячою водою. Пропарку із вакуум-апаратів відводять в ту ж утфелемішалку. Через утфелерозподільувач - поз.21- утфель спрямовують в центрифуги –поз.22 -.

Утфель II і III кристалізації пропонується проводити при низькотемпературному режимі . При уварюванні утфелю II ступені кристалізації чистота міжкристального розчину знижується від 76-78% до 62-63%. Це відповідає відповідному зниженню температури мінімальної густини від 70-68 до 60-62°C. При розробленому режимі уварювання утфелів втрати цукрози від розкладання знижуються на 0,1% до маси буряків, а витрати палива за рахунок нагріву вакуум-апаратів вторинною парою II корпусу випарної установки знижуються на 0,2% до маси буряків;

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічних схем	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		31

При центрифугуванні утфелю II відбирають загальний виток який спрямовують в збірник -поз.28- і використовують для уварювання утфелю III кристалізації . На пробілювання витрачається 1% до маси утфелю гарячої води.

Для уварювання утфелю III кристалізації в вакуум-апарати –поз.29 забирають загальний виток утфелю II разом із афінаційним витком . Вміст сухих речовин в готовому утфелі доводять до 93,5-94 %, далі утфель направляється в вертикальний кристалізатор -поз.33- .Тут відбувається додаткова кристалізація цукру при охолодженні утфелю від 70-75 до 35-40°C. В утфелерозподілювачі –поз.35 - утфель підігрівають до 45-50 °С і центрифугують в центрифугах -поз.42 - без пробілювання цукру водою. Виток, який відбирається (меляса) насосом подають на ваги –поз.49- , зважують і перекачують в ємність на зберігання.

Цукор III кристалізації спрямовують на афінацію -поз.39- , де змішують з першим витком утфелю, розбавленим аміачною водою в мішалці до 74-76 % сухих речовин, отримуючи афінаційний утфель із вмістом сухих речовин 89-90 %. В процесі перемішування утфелю в афінаторі частина нецукрів із плівки на кристалах цукру переходить в більш чистий міжкристалевий розчин. Такий спосіб підвищення чистоти цукру III кристалізації називають афінацією.

Із афінатора утфель подають в утфелерозподілювач –поз.41- центрифугують в центрифугах –поз.42- разом з утфелем II кристалізації. Афінаційний виток і виток отриманий після пробілювання цукру-афінаду водою, разом подають в збірник афінаційного витку. Після центрифуг цукор II і III кристалізації подають шнеком –поз.23,43 - в клерувальний апарат - поз. 24 - , де розчинюють в соці II сатурації до вмісту сухих речовин 65-70%. Клеровка разом із сиропом із випарної установки подається на сульфитацію.

Впровадження цих заходів дозволить збільшити вихід цукру на 0,35% до маси буряків ,зменшити втрати цукру в мелясі, отже покращити якість продукції.

					Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та опис апаратурно-технологічних схем	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

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

Ефективність та рентабельність цукрового виробництва значною мірою залежать від якісних показників цукрових буряків (*Beta vulgaris L.*), які є основною сировиною. Вимоги до сировини регламентуються відповідними державними стандартами, а саме ДСТУ 3568-97 «Буряки цукрові. Технічні умови», та нормативними документами, а також внутрішніми технологічними потребами цукрових заводів. Дотримання цих вимог дозволяє мінімізувати втрати сахарози, знизити витрати на переробку та забезпечити високу якість кінцевого продукту – цукру-піску.

Ключові вимоги до цукрових буряків як сировини включають:

1. Цукристість (вміст сахарози):

○ Вимога: Оптимальний вміст сахарози в цукрових буряках, як правило, становить 16-18% і вище. Це є основним критерієм для оцінки сировини, оскільки прямо впливає на потенційний вихід цукру та економічну ефективність виробництва [44].

○ Вплив на процес: Висока цукристість буряків забезпечує вищий вихід сахарози з одиниці сировини, що знижує питомі витрати на переробку та загальну собівартість готової продукції. Зниження цукристості призводить до збільшення кількості буряків, необхідних для отримання тонни цукру, і, відповідно, до зростання енергетичних та інших виробничих витрат [45].

2. Технологічна якість соку (доброякісність):

○ Вимога: Показник доброякісності характеризує співвідношення між сахарозою та нецукрами в соку. Висока доброякісність (близька до 90-92% для дифузійного соку) є бажаною, оскільки свідчить про низький вміст баластних речовин.

○ Вплив на процес: Висока доброякісність соку значно полегшує процеси очищення (дефекація, сатурація, сульфитація), забезпечує кращу фільтрованість сиропів, прискорює кристалізацію сахарози та зменшує утворення меляси. Навпаки, низька доброякісність ускладнює технологічний процес, збільшує витрати реагентів, тривалість циклів та, найголовніше, призводить до збільшення втрат сахарози з мелясою [46].

3. Вміст нецукрів:

○ Вимога: Мінімальний вміст нецукрів є критично важливим. До основних груп нецукрів відносяться:

● Азотисті речовини (білки, амінокислоти): Сприяють забарвленню соку, утворенню піни, підвищенню в'язкості та утворенню меляси. Їхній вміст має бути якнайнижчим [47].

● Мінеральні солі (калій, натрій): Ці елементи є сильними мелясоутворювачами. Кожна одиниця калію або натрію може зв'язувати 4-6 одиниць сахарози, перешкоджаючи її кристалізації [48]. Їхній вміст суворо контролюється.

					Розділ 3. Характеристика сировини, основних і допоміжних матеріалів, готової продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- Пектинові речовини, органічні кислоти: Ускладнюють фільтрацію соку, підвищують його в'язкість, можуть призводити до утворення осадів та знижувати швидкість кристалізації [49].

- Вплив на процес: Надмірний вміст нецукрів збільшує споживання вапна та діоксиду вуглецю на етапах очищення соку, підвищує навантаження на випарні апарати через зростання в'язкості сиропів та утфелів, уповільнює ріст кристалів цукру та збільшує вихід меляси, що є прямою втратою сахарози [50].

4. Засміченість (вміст сторонніх домішок):

- Вимога: Вміст ґрунту, бадилля, каміння, бур'янів та інших сторонніх домішок має бути мінімальним, зазвичай не більше 3-5% згідно з галузевими стандартами.

- Вплив на процес: Висока засміченість призводить до:

- Зниження фактичної маси цукрових буряків, що надходять на переробку, та, відповідно, зниження фактичної цукристості партії.

- Збільшення витрат води та енергії на мийку та транспортування сировини.

- Прискороного зносу обладнання (наприклад, ножів бурякорізок, насосів, трубопроводів).

- Збільшення обсягу та забрудненості стічних вод, що вимагає додаткових витрат на їх очищення [51].

5. Фітосанітарний стан та свіжість:

- Вимога: Буряки мають бути здоровими, без ознак гниття, ураження шкідниками або хворобами. Свіжість сировини є критично важливою, оскільки тривале або неналежне зберігання призводить до значних втрат сахарози через дихання коренеплодів, розвиток мікроорганізмів (особливо гнильних бактерій) та утворення інвертного цукру [52].

- Вплив на процес: Зіпсовані буряки містять продукти розпаду (наприклад, органічні кислоти, аміни, полісахариди), які ускладнюють очищення соку, змінюють його рН, призводять до утворення небажаних сполук (таких як декстрини), які значно погіршують фільтрованість та кристалізацію, а також знижують якість готового цукру [53].

Дотримання вищезазначених вимог до якості цукрових буряків є фундаментальним для забезпечення стабільного та ефективного функціонування цукрового заводу, мінімізації технологічних втрат та отримання цукру високої якості. Контроль якості сировини починається ще на етапі вирощування та посилюється при прийманні на завод.

Цукор-пісок є кінцевим продуктом переробки цукрових буряків і повинен відповідати суворим якісним характеристикам, які регламентуються національними та міжнародними стандартами. Ці вимоги спрямовані на забезпечення безпечності продукту для споживання, його технологічних властивостей для подальшого використання у харчовій промисловості та відповідності споживчим очікуванням.

Цукор класифікується за способом виробництва та формою випуску на кристалічний, сахарозу для шампанського, цукрову пудру та пресований. Кристалічний цукор характеризується розміром кристалів 0,2-2,5 мм, тоді як сахароза для шампанського має більші кристали (1,0-2,5 мм), з допустимими відхиленнями до 5% від маси. Цукрова пудра представлена подрібненими кристалами розміром до 0,2 мм. Пресований цукор випускається у вигляді шматочків різної форми та розміру і поділяється на колотий, швидкорозчинний та дорожній.

За фізико-хімічними показниками кристалічний цукор повинен відповідати нормам ДСТУ 4623:2023, зазначеними у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1

Фізико-хімічні показники кристалічного цукру

Назва показника	Значення за категоріями кристалічного цукру, сахарози для шампанського і цукрової пудри			
	1	2	3	4
Масова частка сахарози (поляризація) %, не менше ніж	99,7	99,7	99,61	99,5
Масова частка редукувальних речовин (в перерахуванні на суху речовину), %	0,04	0,04	0,05	0,065
Масова частка вологи, %, не більше ніж:				
кристалічного цукру	0,1	0,1	0,14	0,15
сахарози для шампанського	0,1	0,1	-	-
цукрової пудри	0,2	0,2	0,2	-
Масова частка золи (в перерахуванні на суху речовину), не більше ніж %				
балів	0,027 15,0	0,04 -	0,04 -	0,06 -
Кольоровість в розчині, не більше ніж: одиниць ICUMSA				
балів	45,0 6	60,0 8	104,0 -	195,0 -
умовних одиниць	-	-	0,8	1,5
Масова частка феродомішок, %, не більше ніж	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Величина окремих частинок феродомішок, в найбільшому лінійному вимірі, мм, не більше ніж	0,5	0,5	0,5	0,5

На Згурівському цукровому заводі (ТОВ «Краєвид») виробляється цукор II та III категорії під ТМ «Краєвид», що свідчить про відповідність їхньої продукції встановленим державним стандартам якості.

Технологічний вапняк

Вапняк є основним джерелом оксиду кальцію (негашеного вапна), який використовується для дефекації та сатурації дифузійного соку. Ці процеси необхідні для осадження та видалення нецукрів, що містяться в соку. Вимоги до якості вапняку, що використовується в цукровій промисловості, є досить суворими. Наприклад, на підприємстві може використовуватися вапняк "Вапняк технологічний 20-50 ТУ У 08.1-00292623-001:2015".

Якісний вапняк для цукрового виробництва характеризується наступним складом у відсотках (табл. 1):

Таблиця 3.2

Вимоги до хімічного складу технологічного вапняку

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

Примітка: Допустимий вміст є верхньою межею, оптимальним є якомога нижче значення.

Фізичні властивості вапняку: Густина вапняку зазвичай коливається від 2,4 до 2,9 г/см³, а об'ємна маса 1 м³ вапняку в кусках складає приблизно 1,5 тонни. Міцність на стиск вихідної сировини є важливою для транспортування та випалу і становить (40-60) МПа, що еквівалентно (400-600) кг/см² [54].

Вплив домішок вапняку на виробництво: Вапняк із вмістом CaCO₃ менше 92% вважається низькоякісним і його використання є небажаним. Домішки у вапняку не тільки знижують фактичний вміст активного CaCO₃, але й деякі з них мають специфічний шкідливий вплив на технологічний процес.

Таким чином, використання високоякісного вапняку є запорукою ефективного очищення цукрового соку, що безпосередньо впливає на вихід цукру та його якість.

Технічна сірка

Технічна сірка використовується в цукровому виробництві для сульфатації соку, сиропу та утфелів. Сульфатація необхідна для відбілювання продуктів, зв'язування та інактивації забарвлюючих речовин, пригнічення

					Розділ 3. Характеристика сировини, основних і допоміжних матеріалів, готової продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

життєдіяльності мікроорганізмів, стабілізації рН та покращення фільтраційних властивостей [55].

Технічна сірка, що застосовується в цукровій промисловості, повинна повністю відповідати вимогам стандарту, наприклад, ДСТУ 2781-93 «Сірка технічна. Технічні умови».

Таблиця 3.3

Основні фізико-хімічні показники технічної сірки

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

Висока чистота сірки є критично важливою, оскільки будь-які домішки можуть негативно впливати на якість цукру (наприклад, сторонній запах, присмак)

Іонообмінні смоли

Використовуються для демінералізації соків та сиропів, тобто для видалення мінеральних солей (особливо солей калію та натрію), які є сильними мелясоутворювачами. Застосування іонообмінних смол дозволяє підвищити вихід цукру з меляси (безмелясова схема) або покращити якість кінцевого продукту [56].

- Іонообмінні смоли повинні відповідати таким вимогам: висока обмінна ємність, механічна та хімічна стійкість, здатність до регенерації, відповідність харчовим стандартам.

Завдяки їм значно збільшують вихід цукру, зменшують кількість меляси, покращують якість цукру.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1. Вихідні дані до технологічних розрахунків

Вихідними даними для розрахунку представлені нижче:

Дигестія – 15,3 %

Вміст сухих речовин – 19,4 %

Вміст сахарози – 16,72 %

Вміст сахарози – 16,72 %

Вміст нецукрів – 2,67 %

Чистота – 86,2 %

Соковий коефіцієнт буряку – 91,5 %

4.2. Продуктові розрахунки

I кристалізація

Утфель I кристалізації в першому обороті уварюється до такого вмісту СР, щоб міжкристальна патока при коефіцієнті пересичення 1,1 і температури фуговки 70°C мала б чистоту 81%.

З рівності:

$$81 = \frac{100 \times 3.52}{3.52 + H_{\text{ц}}}$$
$$H_{\text{ц}} = \frac{3.52 \times (100 - 81)}{81} = 0.826$$

Вміст води в утфелі дорівнює: 100-СР

Вміст H_ц в утфелі на 1кг води:

$$H_{\text{ц}} = \frac{СР - C_x}{100 - СР} = \frac{СР(100 - \text{Ч})}{(100 - \text{Ч}) \times 100}$$

Підставивши ці величини знайдемо величину СР утфелю, %:

$$СР = \frac{100 \times 100 \times H_{\text{ц}}}{100 + 100 \times H_{\text{ц}} - \text{Ч}} = \frac{100 \times 100 \times 0.826}{100 + 100 \times 0.826 - 92.491} = 91.667$$

Кількість утфелю I кристалізації складе:

$$\frac{100 \times 15.915}{91.667} = 17.362\%$$

Склад утфелю I кристалізації (аналіз), %

СР=91,667

С_x=84,784

Ч=92,491

H_ц=6,8

В утфелі I кристалізація міститься міжкристальної патоки:

$$\text{Мкр.} = (1,1 \times 3,2 + 1 + 0,826) \times (100 - 91,667) = 44,548\%$$

Отже, кристалічного цукру, %:

$$100 - \text{Мкр.} = 100 - 44,548 = 55,452$$

Склад міжкристальної патоки (аналіз), %

Ч=81

$$C_x = \frac{3.52(100 - 91.667)}{44.548} * 100 = 65,844$$

$$СР = \frac{100 * C_x}{\text{Ч}} = 81.289$$

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4. Технологічні розрахунки				

При спуску утфеля апарат пропарюють, пропарки одержують 3% до маси утфелю. В ній міститься 60% СР.

Втрачається утфелю:

$$\text{в пропарку} \quad \frac{3 * 60}{91.667} = 1.964 \%$$

$$\text{на фуговку} \quad 100 - 1.964 = 98.036 \%$$

Приймаємо, що при фуговці 75% міжкристальної патоки потрапляє в зелену патоку, а 25% в білу патоку.

Кількість утфелю який надходить на фуговку дорівнює:

$$\frac{98.036 * 17.362}{100} = 17.021 \% \text{ до м.б.}$$

Кількість зеленої патоки I дорівнює:

$$17.021 * \frac{44.548}{100} * \frac{75}{100} = 5.687 \%$$

В ній міститься % : $Sx = 5.687 * 65.844 / 100 = 3.745 \%$

$$CP = 5.687 * 81.289 / 100 = 4.623 \%$$

Склад зеленої патоки дорівнює складу міжкристальної патоки.

Пробілювання утфелю проводиться водою в кількості 2% до маси утфелю, з них 1,4% потрапляє в білу патоку, а 0.6 з білим цукром на сушку, при цьому розчиняє сахарози:

$$17.021 * 1.4 * 3.2 / 100 = 0.763 \%$$

Кількість міжкристальної патоки, яка потрапить в білу патоку складе:

$$17.021 * (44.548 / 100) * (25 / 100) = 1.896 \%$$

В ній міститься:

$$Sx = 1.896 * (65.844 / 100) = 1.248 \%$$

$$CP = 1.896 * (81.289 / 100) = 1.541 \%$$

Всього в білу патоку I потрапить сахарози:

$$1.248 + 0.763 = 2.011 \%$$

В неї перейде СР: $1.541 + 0.763 = 2.304 \%$

Кількість білої патоки до маси буряків складе:

$$1.896 + 17.021 * (1.4 / 100) + 0.763 = 2.897 \%$$

Склад білої патоки (аналіз), %

$$Sx = 100 * 2.011 / 2.897 = 69.417$$

$$CP = 100 * 2.304 / 2.897 = 79.531$$

$$C = 100 * 2.011 / 2.304 = 87.283$$

Вихід сахарози відповідає кількості кристалів цукру у фугованому утфелі I крист. за виключенням частини цукру, який розчинився при пробілюванні:

$$17.021 * 55.452 / 100 - 0.763 = 8.675 \%$$

Невраховані втрати в кристалізаційному відділенні = 0.1% до м.б.

Отже, вихід Сх в першому оберті складе:

$$8.675 - 0.1 = 8.575 \%$$

II кристалізація

На уварювання утфелю II надходить суміш білої і зеленої патоки I.

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4. Технологічні розрахунки					39

Всього паток: $5,687+2,897=8,584\%$
В них міститься %: $C_x=3,745+2,011=5,756$
 $CP=4,623+2,304=6,927$

Чистота суміші відтоків і, відповідно, чистота утфеля II продукту:
 $Ч=5,756*100/6,927=83,095\%$

Утфель II уварюють до вмісту CP, щоб при температурі фуговки $70^\circ C$ і коефіцієнті пересичення 1,3 міжкристальна патока мала б чистоту 71%.

$$H_{ц} = 3.2 * 1.3 * (100 - 71) / 71 = 1,699\%$$

$$CP = (100 * 100 * 1,699) / (100 + 100 * 1,699 - 83,095) = 90,95\%$$

При цьому виходить утфелю II продукту:
 $100 * 6,927 / 90,95 = 7,616\%$

При спуску утфеля, апарат пропарюють. Виходить близько 3% пропарки з $CP=60\%$.

В пропарку входить утфеля :
 $3 * 60 / 90,95 = 1,979\%$ до м. утфеля

або
 $1,979 * 7,616 / 100 = 0,151\%$ до м. бур.

На фуговку надходить утфеля:
 $7,616 - 0,151 = 7,465\%$

В утфелі міститься міжкристальна патока:

$$M_{кр.} = (1 + 3,2 * 1,3 + 1,699) * (100 - 90,95) = 62,074\% \text{ до м. утф.}$$

Кристалічної сахарози: $100 - 62,074 = 37,926\%$

Склад міжкристальної патоки (аналіз), %

$$Ч = 71\%$$

$$C_x = 3.2 * 1.3 * (100 - 90,95) / 62,074 * 100 = 60,65\%$$

$$CP = C_x * 100 / Ч = 60,65 * 100 / 71 = 85,423\%$$

Її кількість, %: $7,465 * 62,074 / 100 = 4,634\%$

В ній міститься, %: $C_x = 4,634 * 60,65 / 100 = 2,811$

$$CP = 4,634 * 85,423 / 100 = 3,958$$

Приймаємо, що при фуговці 75% міжкристальної патоки потрапляє в зелену патоку II, а 25% залишається на поверхні кристалів, які створюють білу патоку II.

Кількість зеленої патоки II складе:
 $4,634 * 0,75 = 3,475\%$

В ній міститься: $C_x = 2,811 * 0,75 = 2,108\%$
 $CP = 3,958 * 0,75 = 2,969\%$

Кількість міжкристальної патоки, яка переходить в білу патоку II:
 $4,634 - 3,475 = 1,159\%$

В ній міститься: $C_x = 2,811 - 2,108 = 0,703\%$
 $CP = 3,958 - 2,969 = 0,989\%$

Приймаємо, що на пробілювання утфеля II кристалізації витрачається 2% води. При цьому розчиняється сахарози:

$$7,465 * 2 * 3,2 / 100 = 0,477\%$$

					Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всього утвориться білої патоки II:

$$1,159+7,465*0,02+0,477=1,785\%$$

В ній міститься, %: $S_x = 0,703+0,477=1,18$

$$C_P = 0,989+0,477=1,466$$

Склад білої патоки II (аналіз), %

$$S_x = 1,18*100/1,785=66,106\%$$

$$C_P = 1,466*100/1,785=82,129\%$$

$$Ч = 100*S_x/C_P = 80,49\%$$

При центрифугуванні близько 20% білої патоки залишається на кристалах цукру, а 80% потрапляє у відтік.

Кількість білої патоки яка відходить, складе:

$$0,8*1,785=1,428\% \text{ до м.бур.}$$

А на кристалах залишається:

$$0,2*1,785=0,357\% \text{ до м.бур.}$$

Отже, маса цукру II кристалізації складе:

$$37,926*7,465/100-0,477=2,354\%.$$

Кількість цукру II продукту разом з білою патокою:

$$2,354+0,357=2,711\%$$

В ньому міститься %: $S_x = 2,354+1,18*0,2=2,59$

$$C_P = 2,354+1,466*0,2=2,647$$

Склад цукру II (аналіз), %

$$S_x = 2,59*100/2,711=95,537$$

$$C_P = 2,647*100/2,711=97,639$$

$$Ч = 100*95,537/97,639=97,85\%$$

III кристалізація

Утфель III крист. уварюється з зеленої і білої патоки II і білої патоки II.

Їх загальна кількість:

$$3,475+1,428=4,903\%$$

В них міститься, %: $S_x = 2,108+1,18*0,8=3,052$

$$C_P = 2,969+1,466*0,8=4,142$$

Доброякісність утфеля III продукту:

$$100*3,052/4,142=73,684\%$$

Приймаємо чистоту міжкристальної патоки 57%.

$$H_{ц} = 2,38*1,4*(100-57)/57 = 2,513\%$$

$$C_P = (100*100*2,513)/100+100*2,513-73,684 = 90,521\%$$

При такому вмісті C_P одержимо утфелю III:

$$4,142*100/90,521=4,576\%$$

При спуску і пропарюванні в пропарці втрачається 2% утфеля, що складе:

$$4,576*0,02=0,092\%$$

На кристалізацію і фуговку надходить утфель III:

$$4,576-0,092=4,484\%$$

В утфелі III перед фуговкою міститься міжкристальної патоки:

$$M_{кр.} = (1+2,38*1,4+2,513)*(100-90,521) = 64,884\%$$

Кількість кристалічної сахарози:

									Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						41

$$100-64,884=35,116\%$$

Склад міжкристальної патоки (аналіз), %

$$Ч=57$$

$$Сх=2,38*1,4*(100-90,521)/64,844=48,707$$

$$СР=48,707*100/57=85,451$$

Її кількість в утфелі, який надходить на фуговку:

$$4,484*64,884/100=2,909\%$$

В ній міститься, %:

$$Сх=2,909*48,707/100=1,398$$

$$СР=2,909*85,451/100=2,486$$

Приймаємо, що при фуговці утфеля ІІІ міститься 85% міжкристального розчину потрапляє в мелясу, а 15% залишається на поверхні кристалів.

Кількість відтоку меляси складе:

$$2,909 \times 0,85=2,473\%$$

В ній міститься, % :

$$Сх=1,398 \times 0,85=1,188$$

$$СР=2,486 \times 0,85=2,113$$

Кількість не афінованого жовтого цукру ІІІ:

$$4,484-2,473=2,011\%$$

В ньому міститься, %:

$$Сх=4,484*35,116/100+1,398*0,15=1,745$$

$$СР=1,575+2,486*0,15=1,948$$

Склад неафінованого цукру ІІІ (аналіз), %

$$Сх=1,745*100/2,011=86,733$$

$$СР=1,948*100/2,011=96,867$$

$$Ч=1,745*100/1,948=89,579$$

Перевірочний баланс цукру

Поступило цукру з сиропом, %.....14,77

Отримано цукру, %

в білому цукрі.....8,575

в пропарці утфеля І кристалізації.....0,289

ІІ кристалізації.....0,114

ІІІ кристалізації.....0,061

жовтому цукрі ІІ.....2,59

ІІІ.....1,745

мелясі.....1,188

Невраховані втрати, %.....0,1

Всього, %.....14,673

Різниця: 14,77-14,673=0,097% - в межах похибки поляриметра.

Розрахунок виходу сахарози та меляси

у встановленому обороті

В І обороті в білий цукор і мелясу потрапило сахарози :

$$8,575 + 1,188 = 9,763\%$$

В установленому обороті в білому цукрі і мелясі має бути : 14,77 %

У встановленому обороті кількість всіх продуктів повинна зрости в:

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4. Технологічні розрахунки					

$$14.77/9.763 = 1,513 \text{ рази.}$$

На цей коефіцієнт потрібно помножити кількість всіх продуктів, починаючи з утфелю I кристалізації.

У встановленому обороті вихід сахарози дорівнює :

$$8,575 \times 1,513 = 12,974 \% \text{ до м.б..}$$

Втрати сахарози в мелясі складуть :

$$1,188 \times 1,513 = 1,797 \% \text{ до м.б.}$$

Клеровка жовтих цукрів II і III

На клеровку надходить цукор II продукту в кількості :

$$2,711 \times 1,513 = 4,102 \%$$

і цукор III продукту в кількості: 3,043 %.

Цукор клерують до вмісту СР 68%.

Отже, необхідну кількість соку складемо за балансом :

для цукру II продукту:

$$\frac{4.102 \times 97.639}{100} + \frac{x \times 12.113}{100} = \frac{(4.102 + x) \times 68}{100}$$
$$x_I = 3.175$$

для цукру III продукту:

$$\frac{3.043 \times 96.867}{100} + \frac{x \times 12.113}{100} = \frac{(3.043 + x) \times 68}{100}$$
$$x_{II} = 2.629$$

З цією кількістю соку в клеровку надходить, % :

для II продукту: Сх: $3,175 * 11,208 / 100 = 0,356$
СР: $3,175 * 12,113 / 100 = 0,385$

для III продукту: Сх: $2,629 * 11,208 / 100 = 0,295$
СР: $2,629 * 12,113 / 100 = 0,319$

Всього клеровки:

II продукту: $4,102 + 3,175 = 7,277 \%$

III продукту: $3,043 + 2,629 = 5,672 \%$

В ній міститься, % :

клеровка цукру II: Сх: $2,59 \times 1,513 + 0,359 = 4,278$
СР: $2,647 \times 1,513 + 0,385 = 4,390$

клеровка цукру III: Сх: $2,793 + 0,295 = 3,088$
СР: $2,925 + 0,319 = 3,244$

Склад клеровки II (аналіз), %:

$$Сх = 4,278 * 100 / 7,277 = 58,79$$

$$СР = 4,39 * 100 / 7,277 = 60,33$$

$$Ч = 4,278 * 100 / 4,39 = 97,45$$

Склад клеровки III (аналіз), %:

$$Сх = 3,088 * 100 / 5,672 = 54,44$$

$$СР = 3,244 * 100 / 5,672 = 57,19$$

$$Ч = 3,088 * 100 / 3,244 = 95,1$$

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4. Технологічні розрахунки					43

Всього сироп з клеровкою складе:

$$23,841 + 12,949 - (5,804 * 12,113 / 68) = 35,759 \%$$

В ньому міститься, % :

$$Сх: 14,770 + 2,793 + 2,59 * 1,513 = 21,482$$

$$СР: 15,915 + 2,925 + 2,647 * 1,513 = 22,845$$

Доброякісність суміші сиропу з клеровкою :

$$Ч = 21,482 * 100 / 22,845 = 94,034\%$$

Виходячи з раніше прийнятих умов уварювання утфелю І продукту (температура фугівки 70° С, Кп = 1.1, Нц = 0,826, Дб = 81 %) знаходимо :

$$СР = 100 * 100 * 0,826 / 100 + 100 * 0,826 - 94.034 = 93,264$$

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

Розрахунок витрат допоміжних матеріалів виконуємо відповідно кількості зварених утфелів.

Потужність цукрового заводу - 3000 т буряків/добу Тривалість сокодобування (розрахункова), діб - 66,4 Кількість перероблених буряків, 390 450 т із розрахунку продуктів:

кількість утфелю І кристалізації, % до маси буряків – 25,76;

кількість утфелю ІІ кристалізації, % до маси буряків -10,78 ;

кількість утфелю ІІІ кристалізації, % до маси буряків - 6,636;

маточний утфель, % до маси буряків - 14,67 (30% від об'єму вакуум апарату).

За період сокодобування зварено утфелю:

І кристалізації:

$$(390\ 450 * 25,76) / 100 = 100579,9 \text{ т}$$

ІІ кристалізації:

$$(390\ 450 * 10,78) / 100 = 42090,51 \text{ т}$$

ІІІ кристалізації:

$$(390\ 450 * 6,636) / 100 = 25910,2 \text{ т маточного утфелю для одержання}$$

утфелю І кристалізації:

$$100579,9 * 0,3 = 30173,97 \text{ т}$$

маточного утфелю для одержання утфелю ІІ т:

$$42090,51 + 0,3 = 42090,81 \text{ т}$$

Розраховуємо кількість варей за сезон: утфелю І кристалізації:

$$100579,9 / 60 = 1676 \text{ шт}$$

утфелю ІІ кристалізації:

$$42090,51 / 60 = 701 \text{ шт}$$

утфелю ІІІ кристалізації:

$$25910,2 / 60 = 431 \text{ шт}$$

маточного утфелю для одержання утфелю І кристалізації:

$$30173,97 / 60 = 502 \text{ шт}$$

маточного утфелю для одержання утфелю ІІ кристалізації:

Витрати затравочної суспензії

					Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Рідко біжуча затравочна суспензія нового покоління ПТІ-КРИСТАЛ використовується в кількості 2 - 3 мл на один вакуум апарат в залежності від його об'єму.

Визначаємо витрати затравочної суспензії при використанні 60 тонних вакуум-апаратів:

$$(1048 * 2,5) / 1000 = 2,62 \text{ л}$$

					Розділ 4. Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ПЛОЩ ВИРОБНИЧИХ І СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Згідно ДБН В.2.2-43:2021 «Будівлі та споруди. Складські будівлі. Основні положення» під час проектування складських будівель та складських приміщень виробничих будівель потрібно передбачати заходи, спрямовані на попередження виникнення вибуху та пожежі.

Планування територій, на яких розміщуються складські будівлі, та визначення протипожежних відстаней між складськими будівлями потрібно виконувати згідно з ДБН Б.2.2-12.

Складські будівлі класифікують за об'ємно-планувальними рішеннями, за наявністю інженерних комунікацій, площею забудови. Клас складської будівлі зазначається в завданні на проектування.

Протипожежні відстані від складської будівлі до відкритого майданчику або навісу складування горючих матеріалів та негорючих матеріалів у горючій упаковці, або навісу, виконаного з горючого матеріалу, визначають як до складської будівлі V ступеня вогнестійкості.

Складські будівлі поділяють на опалювані та неопалювані.

Для розміщення продукції в складських будівлях застосовують такі типи зберігання: підлогове зберігання, стелажне зберігання, змішаний тип зберігання.

За ступенем механізації складські будівлі поділяють на немеханізовані, механізовані та автоматизовані.

Основним приміщенням складської будівлі є складське приміщення. В складському приміщенні дозволяється розмішувати відокремлені одноповерхові приміщення експедиції, приймання, сортування та комплектації вантажів із дотриманням вимог. Складська будівля може складатися лише з одного приміщення – складського.

У складських приміщеннях дозволяється влаштування антресолей для зберігання, перекомплектування, сортування вантажів та розміщення адміністративних приміщень.

Висоту складських приміщень призначають з урахуванням застосовуваної ДБН В.2.2-43:2021 5 механізації чи автоматизації складських процесів, висоти стелажних систем та висоти розміщення систем гасіння пожежі. Висоту приміщення потрібно визначати враховуючи прогини конструкції від спільної дії експлуатаційних значень постійних та змінних навантажень.

Висота від підлоги до низу конструкцій та виступних елементів комунікацій та устаткування в місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації повинна становити не менше ніж 2,1 м.

Колони, обрамлення прорізів, опори антресолей та стелажних систем у місцях руху наземного складського транспорту повинні мати маркування безпеки для позначення небезпечних місць. Колони, опори антресолей та інші несучі конструкції потрібно розраховувати на ударне навантаження. У разі недотримання умов за першою групою граничних станів слід

					Розділ 5. Розрахунок площ виробничих і складських приміщень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

передбачити захист таких конструкцій спеціальними бар'єрами для попередження зіткнень та ударів.

У складських приміщеннях для зберігання харчових продуктів необхідно передбачати: огорожувальні конструкції без порожнеч із матеріалів, стійких до вологи та пошкоджень гризунами; суцільні та без порожнеч полотна зовнішніх дверей, воріт і кришок люків; пристрої для закривання отворів каналів систем вентиляції; огороження сталевією сіткою (з комірками розмірами не більше ніж 12×12 мм) вентиляційних отворів у стінах і повітроводах, розташованих у межах висоти 0,6 м над рівнем підлоги, та вікон підвальних поверхів (ґрати вікон повинні відчинятися або зніматися). Для таких складських приміщень потрібно передбачати вказівки щодо ретельного закладання отворів для проходження трубопроводів (у стінах, перегородках і перекриттях) та сполучень огорожувальних конструкцій приміщень (внутрішніх і зовнішніх стін, перегородок між собою та з підлогами або перекриттями) з врахуванням вимог ДБН В.1.1-7.

Вантажно-розвантажувальні рампи і платформи потрібно проектувати з урахуванням вимог захисту вантажів та вантажно-розвантажувальних механізмів від атмосферних опадів.

Якщо передбачено покриття над залізничними вантажно-розвантажувальними рампами і платформами, потрібно, щоб воно не менше ніж на 0,5 м перекривало вісь залізничної колії, а над автомобільними рампами автомобільний проїзд перекривався не менше ніж на 1,5 м від краю рампи. У разі використання конструкції покриття з опорою на колони, крок колон за розташування їх по зовнішньому краю рампи чи платформи потрібно приймати не меншим ніж 12м.

Довжину вантажно-розвантажувальної рампи потрібно визначати залежно від вантажообігу та місткості складу, а також виходячи з об'ємно-планувального рішення будівлі. Вантажно-розвантажувальні рампи та платформи повинні мати не менше двох розосереджених сходів або пандусів.

Номенклатуру підсобних будівель для будівельного майданчика визначають, виходячи з організаційно-технологічних особливостей та тривалості виконання робіт на об'єкті, що зводиться, характеру залучених ресурсів, району будівництва.

За функціональним призначенням виділяють такі групи тимчасових будівель:

- виробничі (майстерні ремонтно-механічні, санітарно-технічні, електротехнічні, столярно-плотницькі, арматурні, трансформаторні підстанції, насосні, котельні, гаражі, депо й ін.);
- службові (контори управління, начальника дільниці, виконроба, диспетчерська, будівельні лабораторії, прохідні);
- санітарно-побутові (гардеробні, умивальні, душові, туалети, їдальні та буфети, приміщення для сушіння одягу і взуття, здоров-пункти);
- склади (опалювані, неопалювані, закриті, навіси, спеціальні) [57].

					Розділ 5. Розрахунок площ виробничих і складських приміщень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Технічну продуктивність вакуум-апаратів розраховують за формулою, т/добу:

$$A = (1440 \cdot M) / 10 \cdot a \cdot \tau,$$

де M – маса звареного утфелю у всіх вакуум-апаратах даного продукту;
 τ – тривалість одного повного циклу роботи вакуум-апарата даного продукту, хв; $\tau = \tau_1 + \tau_2$, де τ_1 – тривалість активної роботи вакуум-апарату, хв.;
 τ_2 – тривалість допоміжних операцій.

Для уварювання утфелю I кристалізації на заводі встановлені апарати ВАЦМ-70

$$a = 28,074\% \text{ до м.б.}$$

$$M = 70 \cdot 5 = 350 \text{ т;}$$

$$\tau = (195 + 15) = 210 \text{ хв.}$$

$$A = (1440 \cdot 100 \cdot 350) / 28,074 \cdot 210 = 7572 \text{ т/добу,}$$

тобто задовольняють потребу заводу.

Для утфелю II кристалізації встановлені апарати ВАЦ-800 (1 шт.),
“Магдебург” $V = 50$ т (3 шт.), $a = 12,589\%$ до м.б.

$$M = 80 + 50 \cdot 3 = 390 \text{ т}$$

$$\tau = 275 + 25 = 300 \text{ хв.}$$

$$A = (1440 \cdot 100 \cdot 390) / 12,589 \cdot 300 = 6100 \text{ т/добу,}$$

Тобто задовольняють потребу заводу.

Для утфелю III кристалізації встановлено такі апарати ВАЦ-600-(1 шт.),
“Магдебург” $V = 50$ т (3 шт.), $a = 5,876\%$ до м.б.

$$M = 60 + 50 \cdot 3 = 210 \text{ т}$$

$$\tau = 795 + 55 = 850 \text{ хв.}$$

$$A = (1440 \cdot 100 \cdot 210) / 5,876 \cdot 850 = 6055 \text{ т/добу,}$$

Тобто задовольняє потребу заводу.

1. Приймальні утфелемішалки.

Повний об’єм приймальної утфелемішалки, m^3

$$V = V_1 \cdot \varphi;$$

де V_1 – корисний об’єм найбільшого вакуум-апарату утфелю відповідної кристалізації, m^3 , φ – коефіцієнт запасу, $\varphi = 1,2$

$$V_2 = M / \rho = 80 / 1,45 = 78,55 \text{ м}^3$$

$$V = 78,55 \cdot 1,2 = 94,3 \text{ м}^3$$

Задовольняє потреби відділення.

2. Утфелемішалки-кристалізатори.

Технічну продуктивність утфелемішалок-кристалізаторів розраховують за формулою:

$$A = (24 V \varphi \rho) / 10 a \tau, \text{ т/добу}$$

де V – загальний об’єм всіх кристалізаторів, m^3 ;

φ – коефіцієнт заповнення; $\varphi = 0,9$

ρ – густина утфелю при температурі кристалізації, kg/m^3 ;

a – кількість утфелю, % до м.б.;

					Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

τ -загальна тривалість охолодження утфелю і його підігрівання перед центрифугуванням, год.; для трьохкристалізаційної схеми, $\tau=34$ год.

$$V = 30 \cdot 13 = 390 \text{ м}^3$$

$\varphi = 0,9$; $\rho = 1450 \text{ кг/м}^3$; $a = 5,876\%$ до м.б.

$$A = (24 \cdot 390 \cdot 0,9 \cdot 1450) / (10 \cdot 5,876 \cdot 34) = 6114 \text{ т/добу}$$

Задовольняє потреби.

3. Центрифуги I кристалізації.

Технічну продуктивність центрифуг періодичної дії розраховують за формулою, т/добу;

$$A = (1140 \cdot 100 \cdot G \cdot \eta) / a \cdot \tau,$$

де G -разове завантаження роторів усіх центрифуг даного утфелю без урахування резервних, т;

η -експлуатаційний коефіцієнт;

a -кількість утфелю I кристалізації, % до м.б.

τ -тривалість одного циклу роботи центрифуги, хв.

На даному заводі для I кристалізації встановлені центрифуги періодичної дії фірми "Шкода" типу ARD-1250.

$\eta = 0,9$; $a = 28,074\%$ до м.б.; $\tau = 3,5$ хв; $G = 6 \cdot 800 = 4800$ т

$$A = (1140 \cdot 100 \cdot 0,9 \cdot 4,8) / (28,074 \cdot 3,5) = 5012 \text{ т/добу}$$

Задовольняє потребу.

Центрифуги утфелю II кристалізації.

Для центрифугування утфелю II кристалізації на заводі встановлені 4 центрифуги безперервної дії типу ФПІ-125-113. технічна продуктивність центрифуг безперервної дії розраховують за формулою, т/добу:

$$A = (24 \cdot 100 \cdot G) / a,$$

де G -продуктивність усіх центрифуг даного утфелю без урахування резервних, т/год; a -кількість утфелю даної кристалізації, % до м.б.

$G = 18 \cdot 4 = 72$ т/год; $a = 12,589\%$ до м.б.

$$A = (24 \cdot 100 \cdot 72) / 12,589 = 13726 \text{ т/добу.}$$

Задовольняє потреби.

Для центрифугування утфелю III кристалізації встановлені 4 центрифуги безперервної дії типу ФПІ-125-113.

$G = 8 \cdot 4 = 32$ т/год; $a = 5,876\%$ до м.б.

$$A = (24 \cdot 100 \cdot 32) / 5,876 = 13070 \text{ т/добу.}$$

Задовольняє потребу.

4. Клерувальні апарати.

Технічну продуктивність афінаційних мішалок та клерувальних апаратів розраховують за формулою:

$$A = (1440 \cdot 100 \cdot V \cdot \varphi \cdot \rho) / a \cdot \tau,$$

де V -повний об'єм апарата, м^3 ;

φ -коефіцієнт заповнення;

ρ -густина продукту, кг/м^3 ;

a -кількість продукту % до м.б.;

τ -тривалість процесу.

$V = 6,5 \text{ м}^3$; $\varphi = 0,9$; $\rho = 1,32 \text{ т/м}^3$; $a = 13,727\%$ до м.б.; $\tau = 20$ хв.

					Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$A = (1440 \cdot 100 \cdot 6,5 \cdot 0,9 \cdot 1,32) / 13,727 \cdot 20 = 4050$ т/добу – продуктивність клерувального апарату типу Ш1-ПКА-20.

Розрахунок нового обладнання

Приймальна та напірна утфелемішалки маточного утфелю

Повний V приймальної утфелемішалки розраховують за формулою, m^3

$$V = V_1 \cdot \varphi,$$

V_1 – корисний об'єм вакуум-апарату маточного утфелю;

φ – коефіцієнт запасу $\varphi = 1,2$.

$$V = 25 \times 1,2 = 30 \text{ м}^3$$

Типовими є приймальні утфелемішалки горизонтального типу А2-У2-М-І об'ємом 30 м^3 .

Об'єм напірної мішалки буде рівним об'єму приймальної утфелемішалки, а саме 30 м^3 .

Вертикальна мішалка-кристалізатор

Технічну продуктивність утфелемішалок - кристалізаторів розраховують за формулою, т/добу:

$$A = 24 \cdot V \cdot \varphi \cdot \rho / 10 \cdot a \cdot \tau,$$

V – загальний повний об'єм всіх кристалізаторів, m^3 ;

φ – коефіцієнт заповнення; $\varphi = 0,9$;

ρ – густина утфелю при температурі кристалізації, kg/m^3 ;

a – кількість утфелю, % до маси буряків;

τ – загальна тривалість охолодження утфелю і його підігрівання перед центрифугуванням, год;

для три кристалізаційної схеми $\tau = 34$;

A – виробнича потужність заводу, т/добу, $A = 6000$ т/добу.

Загальна повна місткість утфелемішалок – кристалізаторів розраховують за формулою $V = 6000 \cdot 10 \cdot 8,1 \cdot 34 / 24 \cdot 0,9 \cdot 1505 = 508,3$ т/добу.

Корисний об'єм збірника першого відтоку утфелю І біля центрифуг:

$$10 - 6000 - 10,834 - 30 = 9,49 \text{ м}.$$

Корисний об'єм збірника другого відтоку утфелю І біля центрифуг:

$$10 - 6000 - 4,702 - 30 = 14,23 \text{ м}.$$

Корисний об'єм збірника загального відтоку утфелю II біля центрифуг:

$$10 - 6000 - 12,385 - 30 = 10,86 \text{ м}.$$

					Розділ 6. Розрахунок та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

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

Система аналізу небезпек і критичних точок контролю (англ. НАССР Hazard Analysis Critical Control Point, НАССР) — є науковообґрунтованою системою, що дозволяє створити на підприємстві умови для виробництва безпечної продукції шляхом визначення (ідентифікації) і контролю небезпечних чинників.

Система НАССР є єдиною системою управління безпечністю харчової продукції, яка довела свою ефективність і прийнята міжнародними організаціями. В законодавстві України прийнято вживати англomовну аббревіатуру в назві концепції (НАССР — Hazard Analysis and Critical Control Point), однак популярності набула кирилична транслітерація ХАССП [58].

Концепція НАССР полягає у:

- 1) ідентифікації можливих причин небезпечності продукту;
- 2) встановленні того, де і як вони можуть бути усунуті, попереджені чи приведені до прийняттого рівня;
- 3) розробці відповідних заходів і навчання персоналу;
- 4) впровадження заходів на практиці та документування [59].

Підхід НАССР здається придатним для обслуговування продуктів харчування, оскільки він може забезпечити систему управління шляхом моніторингу та контролю небезпек під час приготування та подачі їжі. Уокер і Джонс стверджують, що НАССР є профілактичним та активним, а не коригуючим та реагуючим, програми НАССР допомагають полегшити небезпечні умови шляхом виявлення та виправлення небезпек під час виробництва продуктів [60].



Рис. 7.1. Логічна послідовність розроблення стратегії реалізації НАССР

7.1 Основи системи управління безпечністю харчової продукції НАССР

1. Проведення аналізу небезпечних чинників

					Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 та НАССР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Визначаються потенційні біологічні (мікроорганізми в сировині), хімічні (залишки пестицидів, мастила, реагенти), фізичні (фрагменти металу, скла) небезпеки. Аналіз проводиться на кожному етапі: прийом буряків або тростини, миття, подрібнення, дифузія, очищення, згущення, кристалізація, сушіння, фасування [61].

2. Визначення критичних контрольних точок (ККТ)

ККТ — це етапи, де можна ефективно контролювати ризик. Приклади ККТ у цукровому виробництві:

- Очищення соку (усунення хімічних та мікробіологічних забруднень).
- Фільтрація або центрифугування (видалення сторонніх часток).
- Контроль температури під час випарювання (попередження росту бактерій) [62].

3. Встановлення критичних меж

Для кожної ККТ визначаються допустимі межі (наприклад: $t^{\circ}\text{C}$, рН, вміст домішок). Наприклад: температура термообробки соку не нижче 90°C [61].

4. Встановлення процедур моніторингу

Регулярний контроль параметрів у ККТ. Використання лабораторних аналізів, датчиків температури, автоматизованих систем.

5. Встановлення коригувальних дій

У разі відхилення параметрів — негайне реагування:

- Відбраковка партії.
- Повторна фільтрація або обробка.
- Зупинка процесу для усунення проблеми.

6. Встановлення процедур верифікації

Перевірка ефективності системи:

- Внутрішній аудит.
- Лабораторні дослідження кінцевого продукту.
- Перевірка документації та записів.

7. Документування та ведення записів

Вся інформація про ККТ, межі, моніторинг, коригувальні дії — документується. Це забезпечує простежуваність і відповідність вимогам безпеки [62].

Особливості впровадження НАССР у цукровому виробництві

- Висока температура більшості процесів знижує мікробіологічні ризики.
- Основна увага — фізичні та хімічні небезпеки, зокрема:
 - Забруднення сторонніми частинками.
 - Залишки миючих та змащувальних речовин.
- Чистота обладнання та сировини — ключовий аспект.
- Важливо контролювати якість води, яка використовується у процесах [62].

					Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 та НАССР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця 7.1.

Загальні програми-передумови для цукрового виробництва (НАССР)

№	Назва програми-передумови	Мета встановлення	Тип/джерела небезпечного чинника, що підлягає контролю	Застосовані стандартні санітарні робочі процедури
1	Контроль постачання сировини	Забезпечення безпечної та якісної сировини	Хімічні (пестициди), фізичні (сторонні предмети)	Перевірка сертифікатів, візуальний огляд, лабораторний аналіз
2	Миття та очищення буряків	Усунення забруднень перед переробкою	Фізичні (грунт, каміння), мікробіологічні	Автоматизоване миття, очищення від сторонніх домішок
3	Очищення та дезінфекція обладнання	Профілактика перехресного забруднення	Біологічні (мікроорганізми), хімічні (залишки реагентів)	Регулярна санітарна обробка, план-графік мийки та дезінфекції
4	Контроль особистої гігієни	Запобігання мікробіологічному забрудненню продукту з боку персоналу	Біологічні (патогени на шкірі/одязі персоналу)	Санітарний контроль працівників, форма, миття рук, гігієнічні інструктажі
5	Управління шкідниками	Запобігання потраплянню шкідників у виробництво	Біологічні (гризуни, комахи), фізичні (екскременти, фрагменти тіл)	Дератизаційні та дезінсекційні заходи згідно графіка, закриті приміщення
6	Контроль якості води	Забезпечення безпечного контакту з продуктом	Хімічні (солі, реагенти), мікробіологічні	Періодичний лабораторний контроль, фільтрація, знезараження

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

Технохімічний контроль – це наука про хімічні та фізико-хімічні методи і прийоми дослідження, які дають можливість слідкувати за веденням технологічних процесів. Для виконання аналізів служать контрольні-вимірвальні прилади, які дають можливість встановлювати оптимальні

					Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 та НАССР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

технологічні показники в залежності від якості сировини, визначати їх фактичні показники на всіх стадіях виробництва.

За проведення аналізів відповідає хімічна лабораторія, яка також встановлює оптимальний технологічний режим в залежності від якості буряків, що поступили на переробку.

Таблиця 7.2

Орієнтовна схема контролю варочно-кристалізаційного відділення

Найменування		Місце та порядок відбору проб	Кількість аналізів у змін
продуктів	аналізів		
Утфель кристалізації	I - СР, СХ, Ч - рН з одної варі за змін	При спуску варі	3 - 4 1
Відтоки I і II утфелю кристалізації	II - СР, СХ, Ч	В середині фугування варі, із трубопроводів при надходженні у збірники перед вакуум-апаратами	3 - 4
Утфель кристалізації	II - СР, СХ, Ч - рН з одної варі за змін	При спуску через одну варь	Через одну варь
Міжкристальний розчин утфелю кристалізації	II - СР, СХ, Ч	При спуску варі	Через одну варь
Відтоки I і II утфелю кристалізації	II - СР, СХ, Ч	В середині фугування варі, із трубопроводів при надходженні у збірники перед вакуум-апаратами	Через одну варь

Продовження табл. 7.2

Утфель кристалізації III	- СР, СХ, Ч - рН з одної варі у зміну	При спуску варі	Із кожної варі
Міжкристальний розчин утфелю III кристалізації	- СР, СХ, Ч	При спуску варі	Із кожної варі
Афінаційний утфель	- СР, СХ, Ч - температура	З афінаційної мішалки кожні 2 год., з складанням середньої проби за зміну	1
Міжкристальний розчин утфелю III кристалізації при фугуванні	- СР, СХ, Ч - СР, СХ, Ч - температура - СР без розбавлення	З мішалки при фугуванні: при безперервній крист., при періодичній крист. з кожної мішалки перед фугуванням. З усіх утфелемішалок на початку зміни, в кінці охолодження і після підігріву	2 2
Жовтий цукор	- СР, СХ, Ч - рН - кольоровість	Із шнеку або із 2-3 центрифуг через кожні 2 год., зі складанням середньої проби за зміну	1 1 1
Клеровка	- СР - рН - СР, СХ, Ч - кольоровість	Із кранику на напірному трубопроводі	8 2 1 1
Білий цукор	- кольоровість - рН, Сх, - вміст вологи - вміст р.р.	При пакуванні в мішки	З кожного апарату 1 раз на добу

Вміст сухих речовин визначається рефрактометричним методом, який базується на залежності показника заломлення променя світла від концентрації досліджуваного розчину. Визначається на приладі - рефрактометрах марки УРЛ-1, РПЛ-3.

Вміст сахарози визначають поляриметричним методом, що базується на здатності оптично активних речовин повертати площину поляризації поляризованого світла на певний кут.

Прилади, що використовуються для проведення аналізу - поляриметри СУ-3; СУ-4, СУ-5.

Вміст сахарози знаходять за формулою:

$$Ц = \frac{1,04 \times П}{D}, \%$$

де П - показ приладу; %

D - густина розчину; г/см³

Визначення рН. рН визначають в розчині 1:1 колориметричним або потенціометричним методом за допомогою лабораторного рН-метра. Метод базується на вимірюванні електрорушійної сили, що відбувається між двома електродами, що поміщені в досліджуваній розчин. Один з електродів має відомий потенціал, інший потенціал електрода залежить від якості або кількості іонів водню, щодо вимірювання електрорушійної сили між двома електродами, що поміщені у вимірювальне середовище.

Чистоту знаходять за таблицею М.О.Архиповича, або ж розраховують за формулою:

$$Ч = \frac{Сх}{СР} \times 100, \%$$

де Сх - вміст сахарози в розчині;

СР - вміст сухих речовин в розчині.

Кольоровість визначають колориметричним методом за допомогою колориметрів КСМ. Даний метод базується на вимірювальному порівнянні забарвлених речовин із забарвленістю нормальних скелець. В основі методу покладений закон Ламберта-Бера: якщо взяти два розчини із різною концентрацією забарвлених речовин, то для отримання однакового світлопоглинання відношення концентрації буде обернено пропорційним товщині шарів розчину. Аналіз проводиться методом розчинення 1:1. Результат подвоюють. Кольоровість утфелів та відтоків визначають за формулою:

$$E = \frac{100 \times 100 \times H}{СР \times d \times h}, \text{ ум.од}$$

де СР – вміст сухих речовин в утфелі;

H – нормальність скла (1; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$);

d – густина, яка відповідає даній концентрації СР, г/см³;

h – висота стовпа розчину, що досліджується, мм.

Визначення якості цукру – піску

					Розділ 7. Контроль якості та безпечності у виробництві відповідно до вимог ISO 9000 та HACCP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Якість цукру – піску повинно відповідати вимогам ДСТУ на цукор – пісок. Цукор пісок повинен відповідати наступним вимогам:

Органолептичні показники:

Смак – солодкий, без стороннього смаку і запаху, та відповідати вимогам.

Сипучість – сипучий, без грудочок.

Колір – білий з блиском.

Розчинність – повна, розчин має бути прозорим без осаду, механічних або інших сторонніх домішок.

Таблиця 7.3

Фізико – хімічні показники

Показник	I	II	III	IV
Масова частка сахарози (поляр.% не менше)	99,7	99,7	99,6	99,5
Масова частка редукуючи речовин (в перерахунок на суху речовину), не більше	0,04	0,04	0,05	0,0065
Масова частка золи в перерахунок на суху речовину, %	0,027	0,04	0,04	0,05
Вміст вологи, % не більше	0,06	0,1	0,14	0,15
Масова частка феродомішок, % не більше	0,5	0,5	0,5	0,5
Кольоровість в розчині, не більше ніж одиниць ICUMSA	45	60	104	195

Гранулометричний аналіз цукру – піску проводиться по ДСТУ 4242-2003.

Для даного визначення необхідно набір сит з розміром ячеек (в мм) : 0,2; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,5. Аналіз просіюють. Залишки на кожному ситі зважують. Результати зважують в грамах, дають гранулометричний склад в відсотках.

Визначення вмісту феродомішок повинно відповідати вимогам ДСТУ 4244-2003. Цей метод полягає у вимірюванні феродомішок за допомогою магніту на поверхні цукру – піску.

Визначення органолептичної оцінки якості цукру:

а) смак – дегустацією;

б) запах;

в) прозорості – використовують плоску чарка;

Вміст вологи в цукрі визначають відповідно вимогам до ДСТУ 3569-97 висушуванням проби до постійної маси.

Метрологічне забезпечення технологічного процесу

№	Стадії технологічних параметрів, що потребують контролю	Найменування засобів вимірювання, заводське устаткування (позначення, стандарт або технічні умови)	Межі вимірювання	Клас точності, допустимі похибки
1	Визначення вмісту СР	Видимі сухі речовини визначають рефрактометром УРЛ-1, РПЛ -3,2, РДУ	Від 0 до 50%	$\pm 0,1\%$, $\pm 0,04\%$
2	Визначення процентного вмісту сахарози	Прилад цифровий автоматичний сахариметр типу МСРСUCROMAT Поляриметри СУ-3,4,5	-40-100, -40-120	$\pm 0,05$
3	Визначення рН	рН метри 121, 340, 150м, ЕВ-74	Від 0 до +14	$\pm 0,02$
4	Визначення кольоровості	Колориметр КСМ Фотометри КФК- 2 ГОСТ 15150-69	100-5%	До $20\% \pm 1\%$
5	Визначення температури	Термометр	0-150 °С	$\pm 1^{\circ}\text{C}$

РОЗДІЛ 8. ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА

Об'ємно-планувальні рішення будівлі

У виробничих корпусах цукрового заводу розміщені бурякопереробне, сокоочисне і продуктове відділення. Побутові та адміністративно-управлінські приміщення внесені в окремий корпус заводу, з'єднаний з основним виробничим корпусом.

Конструктивна схема виробничого корпусу прийнята каркасна. Каркас збірний, сталевий, сітка колон 6х6, 6х5 м.

Споруда продуктового відділення не опалюється, двохповерхова, без підвала, з прибудовами. Розмір в плані в осях стін 34х36 м, та прибудови 12х12 і 30х16 м з сіткою колон 5х6 м. Висота від підлоги до низу несучих конструкцій - 22 м. Площа продуктового відділення 1224 м².

Колони і технічне обладнання

Колони залізобетонні. Технічне обладнання встановлене на робочих площах, що виконане як перекриття по сталевих балках, опорою яких є стойки зі швелерів № 45.

Запроектовані конструкції стін і перегородок та матеріали

Стіни самонесучі, цегляні, товщиною 38 см. У виробничому приміщенні в зв'язку з великою вологістю (75% та вище) зовнішні стіни виконані з глиняної цегли марки 100. Внутрішні поверхні стін захищені від високої вологості пароізоляцією з гідроізолю із захисною штукатуркою по металічній стінці. Теплоізоляція стін виконана з пінополістеролу. Внутрішнє оздоблення - штукатурка, вапняно-цегляне і емульсійне пофарбування.

Перегородки цегляні товщиною 12 см та огороження виконані з металевої сітки.

Конструкції покриття і покрівля

Основний каркас корпусу виконаний із сталевих балок. Застосування сталевих балок дало можливість значно полегшити структуру цеху.

Основні колони каркасу сталеві, двогілкові зі спарених двотаврів. Конструкція покриття – сталеві ферми.

Покрівля - 4-х шаровий рулонний килим з утепленням. Покриття плоске, безгорищане, утеплене, з внутрішніми водостоками, виконане із збірних залізобетонних плит.

Конструкції підлоги у виробничому і побутових приміщеннях Підлога - бетонна, керамічна плитка. У виробничому приміщенні - з ухилом 2°. В побутових приміщеннях підлога вимощена керамічним кахелем по шорсткому бетонному настилу на цементному розчині.

Конструкції міжповерхового перекриття та матеріали

Перекриття у продуктовому відділенні збірні, залізобетонні та по сталевих балках. Міжповерхові покриття по серії 14201-14. В продуктовому відділенні розташовані площадки для обслуговування технологічного

					Розділ 8. Інженерні системи та енергетичне господарство підприємства	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

обладнання на висоті 3.600, 7.200, 13.200, 16.800 мм. Також допоміжні площадки на висоті 9.700 мм для обслуговування приймальної мішалки III продукту перед мішалками-кристалізаторами.

Вікна та світлоаераційні ліхтарі

Основне виробниче приміщення має природне освітлення і аерацію. Освітлення на 1-му поверсі штучне, на 2-му поверсі - комбіноване: штучне поєднане з природним освітленням через віконні пройоми.

Вікна в продуктовому відділенні дерев'яні, подвійні з переплетеннями.

Двері і ворота

На рівні II-го поверху на відмітці 7.200 мм продуктивний цех сполучається з сокоочисним відділенням. На цій же відмітці знаходиться вхід в сушильне відділення. На відмітці 16.800 мм знаходиться перехід до прибудови. На I-му поверсі знаходиться вхід в пакувальне відділення, а також в прибудову для обслуговування вертикальних мішалок-кристалізаторів.

Сходи

Всі площадки і перекриття мають між собою сполучення за допомогою сталевих сходів по серії 4Н-65 шириною 0.8, 1.0, 1.3 м.

Сантехніка

Система вентиляції. Для підтримання у виробничому приміщенні нормальних метеорологічних умов і чистоти повітря застосовується приливоно-витяжна вентиляція з механічним пробудженням.

Система каналізації. Стік води на виробництві складається з господарсько- побутових і виробничих вод. На заводі застосовується об'єднана каналізація (виробнича та господарсько-побутова).

Система опалення. Опалення виробничого приміщення водяне з параметрами 150 -170°C. Побутові та допоміжні приміщення опалюються за допомогою центральної системи опалення.

Система водопостачання

Джерелом водопостачання на технологічні цілі є річка Супій. На господарсько-питні потреби, для лабораторії і пробілювання цукру використовують воду артезіанських свердловин. Водопровід об'єднаний, господарсько-питтєвий, виробничий і пожежний. Напір на вході 0,2 МПа.

					Розділ 8. Інженерні системи та енергетичне господарство підприємства	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 9. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО-, РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України №554 від 27 липня 1995 року цукрові заводи віднесені до підприємств особливо (технічних) екологічно небезпечних. Більшість допоміжних технологічних процесів та технологічних процесів основного виробництва справляють значну шкідливу дію на навколишнє середовище. Так, в ТЕЦ при спалюванні палива утворюються димові гази, що містять окиси сірки, азоту і вуглецю.

При розвантажувальних роботах на підготовці шихти для випалювальних печей утворюється пил вапняку, пил твердого палива. У вапняному відділенні – пил негашеного вапна.

В основному виробництві при проведенні процесів утворюється значна кількість газових та пилових викидів (пари формальдегіду від дифузії, оксид та діоксид вуглецю від сатурації, аміак від барометричних конденсаторів та випарних апаратів, пил цукру від сушильного відділення. Дані про виробництво продукції за останній виробничий сезон наведені у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1

Дані про виробництва продукції за останній виробничий сезон

Випускаема продукція	Одиниця виміру	Об'єм випускаємої продукції	
		За планом	Фактично
Цукор	т	25500	25607,9
Меляса	т	9180	9299
Жом	т	180570	180450

Використання земельних ресурсів

Таблиця 9.2

Дані про використання земельних ресурсів

Під що використовуються земельні ресурси	Земельний відвід, га
Під приміщення, споруди основного виробництва	28,0
Допоміжного виробництва	445,1
Адміністративно-побутового призначення	1,97
Тверде покриття території	12,55
сховища, відвали твердих відходів	14,88
очисні споруди, накопичувачі оборотніх і стічних вод	144,6
газони, озеленення	25,9
Всього	673

Аналіз наведених даних свідчить, що п'яту частину земель займають очисні споруди, накопичувачі оборотних та стічних вод. А це значить, що при введенні нових прогресивних процесів фільтрації, при кращому використанні оборотних і стічних вод ці землі можна економічно використовувати.

Використання сировини матеріальних і енергетичних ресурсів

Таблиця 9.3

Дані про витрати сировини і допоміжних матеріальних ресурсів

Найменування сировини, допоміжних матеріалів	Витрати			
	Нормативні		Фактичні	
	Абсолютна величина	% на 100т буряків	Абсолютна величина	% на 100 т буряків
Цукрові буряки	204200	---	204408,6	---
Вапняк, % до маси буряків	16336,0	8,0	16187,0	7,91
Фільтраційна тканина, м ² на 100 т. буряків	3384,5	2,2	3333,1	1,6
Формалін технічний	35593,7	13,8	89931,9	31,7
Сірка технічна	33847,7	11,9	49933,9	17,6
Сода технічна	35852,1	12,7	36318,1	12,8
Вапно хлорне	3918,0	2,0	3918	2,0
Соляна кислота	13437,5	4,7	14210,2	5,02
Жир технічний	260,0	0,1	260,0	0,1
Мастило для механізмів	21305,0	8,46	21377,0	8,46
Моногліцерид	1430,0	0,57	1430,0	0,57
Бріокс	450,0	0,18	450,0	0,18
Пінопогашувач	1400,0	0,56	1400,0	0,56

З таблиці видно, що перероблено буряків більше, ніж заплановано і становить 204408,6т. Витрати вапняку менші від запланованих, а витрати формаліну, сірки технічної, соляної кислоти, соди більші запланованих. Це пов'язано з порушенням технологічного режиму основного виробництва, погіршеною якістю буряків, великою тривалістю зберігання буряків.

Використання енергоресурсів

Таблиця 9.4

Дані про використання енергоресурсів на перероблення буряків

Показник	Одиниця виміру	Фактич. велич.	Норма
Питома витрата електроенергії на перероблення буряків	кВтгод/т	28,0	26,0
Питома витрата теплоенергії на перероблення буряків	м кал/т	290,0	287,2
Комплексна питома витрата умовного палива на перероблення буряків	% до м.б.	6,7	6,4

З таблиці видно, що використання енергоресурсів на перероблення буряків більше, ніж заплановано. Це пов'язано з порушенням технологічного режиму основного виробництва, погіршеною якістю буряків.

Вплив цукрового заводу на навколишнє і природне середовище

Таблиця 9.5

Склад викидів шкідливих речовин в атмосферу

№	Найменування речовин	Всього викинуто в атмосферу (фактично)	Дозволений викид (ліміт)	Надлишок ліміту викиду
1	2	3	4	5
1	Оксид вуглецю	357,98	558,63	
2	Сірчистий ангідрид	415,684	416,3	
3	Сажа	2,660	1,672	0,988
4	Оксид азоту	139,846	83,909	55,94
5	Аміак	4,94	4,94	
6	Масляна кислота	3,671	3,671	
7	Оцтова кислота	12,053	12,053	
8	Пропіонова кислота	0,676	0,676	
9	Мурашина кислота	1,196	1,196	
10	Сірчана кислота	0,0027	0,0027	
11	Марганець і його сполуки	0,0035	0,0035	
12	Сірководень	0,104	0,104	
13	Пил цукру	5,75	5,75	
14	Пил вапняку	1,193	1,193	
15	Пил коксу	0,099	0,099	
16	Пил деревний	0,22	0,22	
17	Пил металевий	0,05	0,05	
18	Аерозоль	0,022	0,022	
19	Гідроксид кальцію	2,156	2,156	
20	Пил вапна (CaO)	1,193	1,193	

21	Зола мазуту	6,0	6,0	
22	Бензопірин	0,001	0,001	
23	Окис ванадію	1,68	1,68	
24	Ca(OH) ₂	0,147	0,147	
25	Пил з апарату Міка	2,156	2,156	
	Всього	960,474	1102,150	56,928

З таблиці видно, що величини фактичних викидів на окремі компоненти в атмосферу відповідають дозволеним лімітам. Лише викиди сажи та оксиду азоту перевищують ліміти.

Характеристика водооборотних і внутрішньо-технологічних систем

Фактичні витрати води в водооборотних і внутрішньотехнологічних системах, а також витрати води на підживлення цих систем наведені у таблиці 9.6.

З таблиці бачимо, що великі витрати води потрібні для оборотної системи вод I категорії головного корпусу, оборотної охолоджуючої системи, вод I категорії ТЕЦ, системи транспортно-мийних вод. Основним джерелом цих вод є річкова вода. На заводі використовуються три оборотні охолоджуючі системи і оборотні системи транспортно-мийних вод. Кількість води в оборотних системах перевищує нормативні величини для цукрових заводів.

Таблиця 9.6

Фактичні витрати води в водооборотних і внутрішньотехнологічних системах, а також витрати води на підживлення цих систем

Назва оборотної системи	Фактичні витрати		Вид води, що використовується для підживлення систем	Витрати води на підживлення систем	
	м ³ /год	% до м. б.		м ³ /год	% до м. б.
Охолоджуюча система вод I категорії головного корпусу	1000	1000	річкова	131,25	105,0
Охолоджуюча система вод I категорії ТЕЦ	136,25	109,0	річкова	3,75	3,0

Продовження табл. 9.6

Охолоджуюча система вод I категорії компресорної станції	25,0	20,0	річкова	2,5	2,0
Система транспортних вод	820,0	820,0	річкова	62,5	50,0
Система транспорту фільтраційного осаду	71,25	57,0	барометрична	8,75	7,0

Склад стічних вод

Таблиця 9.7

Дані про кількісний склад стічних вод

Найменування компонентів	Кількість стічних вод, % до м. б.
1	2
Надлишок транспортерно-мийних вод	106,5
Від елеваторів і бурякових ваг	2,0
Від сировинної лабораторії	1,0
Від миття дифузійних ножів	1,5
Осад жомопресової води	6,0
Лаверна вода	35,0
Кислі жомові води	3,0
Від продування:	
- оборотні системи вод I категорії головного корпусу	1,0
- оборотні системи вод I категорії ТЕЦ	1,0
- оборотні системи компресорної станції	1,0
Від прання фільтрувальної тканини	3,0
Конденсат від підігріву мазуту	3,0
Від заводської лабораторії	1,5
Від миття підлоги і апаратури	5,0
Господарсько-побутові стічні води	5,5
Всього	176,0

Аналізуючи дані таблиці, бачимо, що найбільше стічних вод складають транспортерно-мийні води, осад жомопресової води. Тому необхідно впроваджувати на заводі ефективні методи очищення вод для більш повного використання оборотних вод наведені у таблиці 9.8.

Таблиця 9.8

Фізико-хімічні показники стічних вод

Показник	Одиниця виміру	Величина
1	2	3
Температура	°С	20,0
Завислі речовини	мг/дм ³	25307,0
Реакція середовища	рН	7,2
Розчинений кисень	мг/дм ³	0
Сухий залишок	мг/дм ³	6946,5
Втрати на прожарюванні	мг/дм ³	6071,5
БПК (повне)	мгО ₂ / дм ³	5050,0
ХПК	мгО ₂ / дм ³	6500,0
Загальний азот	мг/дм ³	150,0
Аміак і солі амонію	мг/дм ³	22,4
Сульфати	мг/дм ³	70,4
Фосфати	мг/дм ³	14,0
Хлориди	мг/дм ³	154,0

Аналізуючи дані таблиці, бачимо, що стічні води містять значну кількість завислих частинок і являються висококонцентрованими за вмістом розчинних органічних речовин. Великий вміст солей сильних кислот, особливо сульфатів і хлоридів. Вони потребують механічного і біологічного очищення до встановлених норм перед скиданням у відкриті водойми.

**Характеристика споруд для охолодження і очищення
оборотних і стічних вод**

Таблиця 9.9

Дані про споруди для охолодження і очищення оборотних і стічних вод

Вид води, що підлягає очищенню	Найменування споруд і їх технічна характеристика	Пропускна здатність, тис.м ³ /год	Активність очищення		
			Назва показника	концентрація	
				до	після
1	2	3	4	5	6
Оборотно-охолоджувальна вода І категорії	Бризкальний басейн	1200	Температура, °С	38	22
			рН	7,5	7,5
			Завислі частинки, мг/дм ³	30	30
			Азот, амоній, мг/дм ³	0,1	0,1

Продовження табл. 9.9

			Фосфати, мг/дм ³	1	1
			Хлориди, мг/дм ³	63	63
Води II категорії	Очисні споруди очищення вод II категорії: вертикальні відстійники- згущувачі	2000	Температу ра, °С		
			БПК, мгО ₂ / дм ³	4000	3500
			ХПК, мгО ₂ / дм ³	4800	4200
			рН	9	9
			Завислі частинки, мг/дм ³	8500	2500
			Сапонін, мг/дм ³	42	42
			Загальний азот, мг/дм ³	---	---
			Фосфати, мг/дм ³	3,5	3,5
			Хлориди, мг/дм ³	50	45
			Аміак , мг/дм ³	7,5	7,5
Стічні води	Земляні відстійники і поля фільтрації, відстоювання, хіміко- біологічне очищення за допомогою водоростей хлорели	220	Температу ра, °С		
			БПК мгО ₂ / дм ³	5050	25
			ХПК мгО ₂ / дм ³	6500	45
			рН	7,2	7,8
			Завислі частинки, мг/дм ³	25307	50
			Сапонін, мг/дм ³	12	0,5
			Загальний азот, мг/дм ³	150	75

Продовження табл. 9.9

			Фосфати ,мг/дм ³	14,0	5,0
			Хлориди, мг/дм ³	154	96
			Аміак, мг/дм ³	22,4	10,0

Аналізуючи дані таблиці, бачимо, що на заводі впроваджене неефективне очисне обладнання. Відстійники очищують лише від завислих частинок та частково від БПК. А земельні відстійники займають велику площу. Для очищення до встановлених норм потрібно впроваджувати нове високоефективне обладнання.

Відходи виробництва

Відходи, що утворюються на заводі, дуже погано використовують, так як частина землі, що відділяється від буряків при прийманні іде у відходи. Хоча це найкращі шари чорнозему, цю землю було б бажано повертати на поля.

Транспортерно-мийний осад, який містить більшу частину землі, потрібно теж повертати на поля і городи. Відсів вапняку і відходи вапняного відділення використовують на будівництво доріг, але потрібно краще використовувати такий цінний матеріал.

Таблиця 9.10

Найменування відходів та шляхи їх використання

Найменування відходу	Утворилось відходів, т/рік			
	Всього	Використано на заводі	Передано іншим підприємствам	Складовано в накопичувач
Фільтраційний осад	25187	Розбавляємо водою і подаємо на поля фільтрації	---	25187
Транспортерно-мийний осад	25142	На поле	5000	20142
Земля, що відділяється на прийманні буряків	10220	На городи	---	---
Відсів вапняку	3066	---	---	---
Відходи вапнякового відділення	3474	---	---	---

Заходи по зменшенню шкідливої дії виробництва на навколишнє середовище

З метою зменшення шкідливої дії виробництва на навколишнє середовище даним дипломним проектом пропонується:

- використання системи маточного утфелю. При уварювання утфелю I кристалізації на маточному утфелі, зменшується час уварювання, що призводить до зменшення використання пари;

- модернізація вакуум-апаратів за способом фірми «Техінсервіс» - встановлення механічних циркуляторів у вакуум-апаратах, монтаж 2 спускних патрубків в нижній частині вакуум-апарату. Конструкція апаратів дозволяє уварювати утфелі парами знижених потенціалів, що створює передумови для підвищення випарувальної здатності випарної станції і зниження витрати пари на виробництво цукру.

- використання при уварюванні утфелів ПАР, а саме «Фоамсол», що дозволить зменшити в'язкість, пінення, скоротити час уварювання, і тим самим призведе до скорочення витрати пари на уварювання;

Отже, можемо зробити такі висновки:

1. Цукровий завод віднесений до підприємств екологічно небезпечних. Більшість допоміжних технологічних процесів основного виробництва досить шкідливо діють на навколишнє середовище. Це дегідратація земельних, водних (середовищ) біологічних ресурсів, атмосферного повітря, забруднення середовища та життя людей. В основному виробництві і при веденні технологічних процесів утворюється значна кількість газових та теплових викидів.

2. Яготинський цукровий завод працює з виконанням плану по виробництву товарної продукції. Товарна продукція відповідає сертифікації якості. Сировина, що поступає на завод також має сертифікати відповідності, і допоміжні матеріали, що використовуються у виробництві – дозвіл МОЗ України на використання у харчовій промисловості.

3. Земельні ресурси на заводі використовуються не досить економно, оскільки значна їх частина припадає на очисні споруди і відвали. Більш економно ці землі можна використовувати при впровадженні на заводі сучасних очисних споруд, введення нових прогресивних процесів фільтрації тощо.

4. Енергетичні ресурси на заводі використовуються вище нормальних величин. Втрата деяких допоміжних матеріалів, найбільш вапна, дещо перевищує встановлені норми. Це пов'язано з порушенням в технологічному процесі та застарілим обладнанням, що використовується на заводі.

5. Забруднюючі речовини викидаються у газовому і твердому стані. Їх викид не перевищує встановлені норми (крім викиду цукрового пилу). Але на жаль на заводі є лише споруди й засоби для очищення викидів твердих речовин, таких як пил цукру, вапняковий пил.

6. Втрати води, технічної і питної на підприємстві складають значну величину. Відповідно утворюється велика кількість стічних вод.

					Розділ 9. система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

7. З метою економії витрат пари даним дипломним проєктом передбачаються наступні заходи:

1. Використання системи маточного утфелю
2. Модернізація вакуум-апаратів за способом фірми .
3. Використання низькотемпературного режиму уварювання утфелів.

					Розділ 9. система екологічного управління та енерго-, ресурсозбереження	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

РОЗДІЛ 10. ЗАХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

На законодавчому рівні відповідно до ст. 49 Конституції України закріплено право кожного громадянина на охорону здоров'я, медичну допомогу і медичне страхування. Ця норма відображає вимоги всесвітніх і регіональних міжнародно-правових стандартів у сфері охорони здоров'я щодо закріплення відповідного права, а також засоби його забезпечення, що має держава у своєму розпорядженні. Серед законів особливе місце займає Цивільний кодекс України від 16 січня 2003 р., що вперше на такому рівні закріпив низку важливих прав людини у сфері охорони здоров'я, зокрема право на охорону здоров'я (ст. 283), медичну допомогу (ст. 284), медичну інформацію (ст. 285), медичну таємницю (ст. 286) тощо [5, с. 223].

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [8]. Цей закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища та встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні [12, с. 26].

До основних травмонебезпечних галузей економіки та видів робіт належать [9]: на першому місці – транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність (100 смертельно, або 24%) будівельники – 57 загиблих, або 14%; керівні працівники – 42 загиблих, або 10%; електрики – 30 загиблих, або 7%; працівники агропромислового комплексу – 27 загиблих, або 7%; слюсарі – 25 загиблих, або 6%; шахтарі – 23 загиблих, або 6%. У соціально-культурній сфері по Україні майже 50% зареєстрованих нещасних випадків зі смертельними наслідками сталися внаслідок дорожньо-транспортних пригод. На думку фахівців, суб'єктам господарювання цієї галузі необхідно вжити заходів для створення безпечних і здорових умов праці працівників, забезпечити належний контроль за технічним станом автомобілів, проведення передрейсових медичних оглядів водіїв, допущення до керування транспортними засобами тільки тих працівників, які пройшли відповідне навчання й інструктаж та отримали відповідну кваліфікацію на право керування транспортними засобами [12, с. 29]. Велика кількість нещасних випадків зі смертельними наслідками у вищезазначених галузях пояснюється такими причинами:

- незадовільною підготовкою робітників і роботодавців з питань охорони праці;
- відсутністю належного контролю стану безпеки на робочих місцях та виконання встановлених норм;

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

- недостатнім забезпеченням працівників засобами індивідуального захисту;
- повільним впровадженням засобів та приладів колективної безпеки на підприємствах;
- спрацьованістю (у деяких галузях до 80%) основних фондів [63].

На заводі створена служба охорони праці, яка підпорядкована безпосередньо керівникам підприємства і прирівнюється до основних виробничих служб.

Спеціаліст з охорони праці (інженер по ТБ) має права видавати керівникам структурних підрозділів обов'язкові для виконання приписки, щодо усунення наявних недоліків, одержувати від них необхідні пояснення та документацію, вимагати усунення від роботи осіб, які не пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж, перевірку знань і не мають допуску до відповідних робіт. Зупиняти роботу машин, механізмів, устаткування у разі порушення, які створюють загрозу життю працюючих. Надсилати керівникові підприємства подання про притягнення до відповідальності працівників щодо охорони праці. Проте рішення спеціаліста з охорони праці може скасувати лише керівник підприємства.

Інженер з техніки безпеки виконує наступну роботу:

- здійснює контроль за дотриманням керівниками цехів, відділів діючого законодавства – постанов, інструкцій, правил і норм з техніки безпеки;
- організовує заходи по створенню безпечних умов праці;
- проводить інструктаж працюючих і навчання на курсах з техніки безпеки;
- організовує та обладнує навчальні кабінети з ТБ;
- веде облік потерпілих при аваріях і нещасних випадках,
- пов'язаних з виробництвом і проводить аналіз їх причин, складає по них звіти.

Аналіз виробничого травматизму

Аналіз виробничого травматизму проводиться статистичним методом. Цей метод оснований на вивченні причин травматизму за документами, які реєструють нещасні випадки (акти по формі Н-І, листи непрацездатності) за певний період часу. Для оцінки рівня травматизму користуються статистичними показниками частоти і тяжкості нещасних випадків:

$$K_{\text{ч}} = N \times 1000 / P,$$

де N – число нещасних випадків за певний період із втратою працездатності на один день і більше;

P – середньоспискова чисельність працюючих за той же період.

Показник тяжкості нещасних випадків $K_{\text{в}}$:

$$K_{\text{в}} = D / N,$$

де D – сумарне число днів непрацездатності через нещасні випадки.

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Крім цих показників підприємство підраховує відомості про кількість людино-днів непрацездатності на 1000 працюючих, що відображається коефіцієнтом мінімальних матеріальних збитків:

$$K_3 = 1000 * Д/Т$$

Варто відмітити, що причинами нещасних випадків є:

- порушення технологічного режиму;
- незадовільна організація робіт;
- порушення виробничої дисципліни;
- погане знання правил по техніки безпеки.

Тому для зменшення травматизму необхідно дотримуватись технологічного режиму, виробничої дисципліни, проводити інструктаж чи навчання, а також перевірку знань з охорони праці, забезпечити необхідну організацію роботи, використовувати колективні і індивідуальні засоби захисту.

Санітарні умови праці на робочих місцях продуктового відділення

На цукровому заводі у продуктовому відділенні є ряд небезпечних та шкідливих фізико-хімічних факторів. При уварюванні утфелів I, II, III продукту в вакуум-апаратах значно підвищена температура повітря робочої зони, понижена відносна вологість повітря, підвищена температура поверхні обладнання.

При надходженні утфелів в приймальні мішалки та утфелерозподільники спостерігається тепловиділення та термічні опіки, механічні травми. При центрифугуванні утфелів – підвищена температура повітря, понижена вологість повітря робочої зони, шум, вібрація, статична електрика, електротравми, механічні травми. При клеруванні та рафінуванні жовтого цукру підвищена температура в робочих зонах. З центрифуг цукор-пісок надходить на віброконвеєр де спостерігається вібрація, статична електрика та пиловиділення. В сушильному відділенні – пиловиділення, газовиділення; пил може стати причиною вибуху.

Мікроклімат

Метереологічна служба на підприємстві визначає параметри мікроклімату, виробничого пилу, пари та джерела їх утворення. Застосовує міроприємства по попередженню дії шкідливих речовин на організм людини.

Основними нормованими факторами, які визначають мікроклімат виробничих приміщень є:

- температура;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря.

Окрім того мікроклімат може визначатись дією інфрачервоного випромінювання і атмосферним тиском.

Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря регулюються із врахуванням пори року. Контроль здійснюється один раз в

					Розділ 10. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

два місяці. Норми цих значень наведені в таблиці 10.1. «Параметри мікроклімату на робочих місцях продуктового відділення».

Щорічно цукровий завод використовує більше 4млн.тонн умовного палива. При цьому відходи від спалювання мазуту, вугілля та газу викидаються в атмосферу. Окрім того на цукровому заводі виділяється цукровий та вапняковий пил.

Негативна дія пилу проявляється не тільки в забрудненні промислових приміщень і обладнання, але й впливає на його роботу (швидше зношується). Крім того, цукровий пил можна розглядати як причину можливих вибухів і професійних захворювань.

Таблиця 10.1

Концентрація хімічних речовин і пилу у повітрі робочої зони продуктового відділення мг/м³

Хімічна речовина	Концентрація	Клас небезпечності	Агрегатний стан	ГДК мг/м ³
Формалін	0,12–0,42	2	П	0,5
Аміак	0–0,36	4	П	20,0
Цукровий пил	14,6–11,2	4	А	6

Присутність аміаку в повітрі пов'язана з тим, що у вакуум-апарат подається конденсат для розкачування утфеля і, крім того проходять хімічні процеси (розкладаються амідри, що дійшли до продуктового відділення).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті технічного переоснащення варочно-кристалізаційного відділення Згурівського цукрового заводу можуть бути досягнуті такі показники роботи:

- модернізація вакуум-апаратів за способом фірми «Техінсервіс» - встановлення механічних циркуляторів у вакуум-апаратах, монтаж 2 спускних патрубків в нижній частині вакуум-апарату. Це дозволило покращити показники процесу уварювання утфелів: зниження забарвленості на 10,7%, виснаження міжкристального розчину збільшиться на 2,1%, зменшиться тривалість уварювання утфелів на 15%, 20%, 25% відповідно I, II, III продуктів, вихід цукру збільшиться на 0,10% до маси перероблених буряків;

- використання системи маточного утфелю. При уварюванні утфелю I кристалізації на маточному утфелі, зменшується час уварювання, а кількість кристалів в отриманому утфелі достатня для отримання цукру-піску із середнім розміром кристалів, що дозволяє скоротити час уварювання утфелів та зменшити використання пари.;

- впровадження низькотемпературного режиму уварювання утфелів II і III кристалізації. При уварюванні утфелю II ступені кристалізації чистота міжкристального розчину знижується від 76-78% до 62-63%. Це відповідає відповідному зниженню температури мінімальної густини від 70-68 до 60-62°C. При розробленому режимі уварювання утфелів втрати цукрози від розкладання знижуються на 0,1% до маси буряків, а витрати палива за рахунок нагріву вакуум-апаратів вторинною парою II корпусу випарної установки знижуються на 0,2% до маси буряків;

- Проведення афінації цукру останньої кристалізації, відбувається для того щоб покращити чистоту сахарози останнього продукту, який після розчинення повертається на уварювання утфелю I кристалізації. При центрифугуванні афінаційного утфелю с менш в'язким між кристальним розчином плівка останнього на поверхні відокремлюючи кристалів цукру стає тонша, а чистота його збільшується

- пробілювання утфелю I кристалізації сиропом. Вихід цукру з одного апарата збільшується на 1,5 т.

Впровадження цих заходів дозволить збільшити вихід цукру на 0,35% до маси буряків, зменшити втрати цукру в мелясі, отже покращити якість продукції.

					Загальні висновки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сучасні тенденції сталого розвитку цукрового ринку. *Ukrsugar*. URL: <http://ukrsugar.com/uk/post/sucasni-tendencii-stalogo-rozvitku-cukrovogo-rinku>.
2. Пасхавер Б. Й., Шубравська О. В., Крисанов Д. Ф., Прокопенко К. О. Агропродовольче виробництво у 1990–2009 рр.: тенденції розвитку. *Економіка АПК*. 2010. № 9. С. 12–20.
3. Томілін О. О. Сучасний стан та перспективи розвитку цукрової галузі України. *Наукові записки. Серія «Економіка»*. 2012. Вип. 19. С. 233–236.
4. Стасіневич С. А. Підвищення ефективності виробництва цукрових буряків в Україні: фактори та умови. *Економіка АПК*. 2008. № 5. С. 103–107.
5. Скіп П. Підвищення економічної ефективності бурякоцукрового виробництва. *Сучасні реалії та тенденції розвитку підприємництва і маркетингу в умовах неоіндустріального суспільства*. 2020. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/19041/1/448-449.pdf>.
6. ТОВ «Краєвид» (ЗАТ «Згурівський цукровий завод»). *Ukrsugar*. URL: <http://ukrsugar.com/uk/ecm/factory/view/53>.
7. Цукровий буряк vs. цукрова тростина: краща сировина для виробництва цукру та етанолу. *Ukrsugar*. URL: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/cukrovij-burak-vs-cukrova-trostina-krasa-sirovina-dla-virobnictva-cukru-ta-etanolu-castina-1>.
8. Іванов В. І. *Технологія цукрового виробництва*. Київ : НУХТ, 2005. С. 45–58.
9. Петренко А. О. *Вплив якості цукрових буряків на вихід цукру*. Цукрова промисловість, 2012, № 3. С. 12–15.
10. Сидоренко Г. П. *Хімія та технологія цукру*. Львів : Новий Світ-2000, 2011. С. 78–90.
11. Ковальчук Н. М. *Нецукри цукрових буряків та методи їх видалення*. Аграрний вісник Причорномор'я, 2010, Вип. 52. С. 112–118.
12. Мельник О. В. *Мелясоутворюючі речовини у цукровому виробництві*. Харчова промисловість, 2013, № 1. С. 25–29.
13. Бондаренко С. Р. *Зберігання цукрових буряків та попередження втрат*. Зернові культури, 2011, № 2. С. 55–60.
14. Мартиненко П. С. *Логістика сировини в цукровій промисловості*. Економіка АПК, 2014, № 7. С. 67–72.
15. Дмитрук Л. І. *Оптимізація умов зберігання цукрових буряків*. Технологія та обладнання цукрової промисловості, 2015, № 4. С. 30–34.
16. Григоренко Т. В. *Вплив пектинових речовин на процес дифузії*. Сучасні проблеми харчової промисловості, 2016, Т. 1. С. 88–92.
17. Савчук В. І. *Удосконалення процесів очищення цукрового соку*. Прогресивні технології в харчовій промисловості, 2013, № 1. С. 40–44.

					Список використаних джерел	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

18. Олійник Р. М. Фактори, що впливають на кристалізацію сахарози. Наукові праці НУХТ, 2012, № 2. С. 100–105.
19. Котенко О. Л. Раціональне використання водних ресурсів на цукрових заводах. Екологічні проблеми та рішення, 2014, № 3. С. 75–80.
20. Мирончук В. Г., Єщенко О. А. Аналіз процесу уварювання цукрових утфелів на основі імітаційного моделювання. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b3330007-ed36-4821-b232-c558a7d49f85/content>.
21. Slavyansky A. A. *Special technology of sugar production*. St. Petersburg : Lan, 2020.
22. Сучасні технології і обладнання бурякоцукрового виробництва : в 2 ч. Ч. 2 / В. О. Штангеев та ін. ; за ред. В. О. Штангеева. Київ : Цукор України, 2004. 320 с.
23. Semenov E. V., Slavyansky A. A., Sergeeva E. A., Shchitova T. A. «Особенности дифузионного процесса кристаллизации сахарози» // Sugar, 2013, № 3, с. 46–50 .
24. Walter M., Ekelhof B., Heppner S., Wullbrandt D. «Energy-efficient massecuite boiling in sugar factories» // Sugar Industry, 2009, Vol. 134, № 12, pp. 747–755 .
25. Nurmi H., Wieded B., Friberg-Andersen R. «Technological innovations in beet sugar processing» // Sugar Industry, 2008, Vol. 133, № 4, pp. 211–218 .
26. Eduardo de Moraes Gonzales P., Rossi Fermo I., Leandro Almeida E., Marcos C. «Industrial Processes of Sucrose Crystallization: A Brief Review» // 10th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection (Mechanical Engineering), 2017, pp. 29–39.
27. Tuzhilkin V. I., Balykhin M. G., Petrov S. M., Podgornova N. M., Lukin N. D., Kovalyonok V. A. «Mathematical description of the isobaric vaporizing crystallization of sucrose» // Journal of Food Engineering, 2021, Vol. 306, P. 110614 .
28. . Slavyansky A. A. *Special technology of sugar production*. St. Petersburg : Lan, 2020.
29. Ferreira A., Faria N., Rocha F., Teixeira J. A. Using an online image analysis technique to characterize sucrose crystal morphology during a crystallization run. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2011. Vol. 50. P. 6990–7002. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie2001499>.
30. Zinab J. M., Alamolhoda A. A., Moghaddam F. M., Nayeri S. Application of Rosin-Rammler model for analysis of CSD in sugar crystallization. *Crystal Research And Technology*. 2015. Vol. 50, № 11. P. 873–878. DOI: <https://doi.org/10.1002/crat.201500062>.
31. Srisanga S., Flood A. E., Galbraith et al. Crystal Growth Rate Dispersion versus SizeDependent Crystal Growth: Appropriate Modeling for Crystallization Processes. *Crystal Growth & Design*. 2015. Vol. 15, № 5. P. 2330–2336. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.5b00126>.

					Список використаних джерел	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

32. Сіденко С. М., Сотниченко М. І., Овчинніков П. П., Станіславський Л. П. *Спосіб виготовлення затравки для кристалізації цукру у вигляді затравочної суспензії*. Пат. 55611А Україна, МПК (2006) C13F3/00. Заявник і патентовласник приватне підприємство «Спеціальні технології. Інноваційна діяльність». № 2001128808 ; заявл. 19.12.2001 ; опубл. 15.04.2003, Бюл. № 4. 4 с.

33. Затравлювальна паста «Магмас». *Magmas*. URL: <https://magmas.com.ua/pasta.php> (дата звернення: 14.06.2025).

34. Мирончук В. Г. Теорія і практика масового зародження кристалів цукрози. *Вісник СНУ ім. Володимира Даля*. 2005. № 11 (93). С. 126–128.

35. Seed Suspension for the Sugar Crystallization KEBO SLURRY. *Cukrotex*. URL: <https://cukrotex.com.pl/otherchemicals> (дата звернення: 14.06.2025).

36. Ткаченко С. В., Шейко Т. В., Анісімова О. М., Кузнецова І. В. Класифікація та вибір найбільш поширених типів кристалоутворювачів для уварювання утфелів. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10, № 19. С. 131–140.

37. Бокоч І. В., Трегуб В. Г., Клименко О. М. Логічна модель періодичних процесів в утфельних вакуум-апаратах з двоетапною кристалізацією. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Том 26, № 4.

38. Скорик К. Д. *Промислова кристалізація цукру* : навч. посіб. Київ : ІПДО НУХТ, 2004. 202 с.

39. Сучасні технології і обладнання бурякоцукрового виробництва : в 2 ч. Ч. 2 / В. О. Штангеев та ін. ; за ред. В. О. Штангеева. Київ : Цукор України, 2004. 320 с.

40. Мирончук В., Гулий І., Потельчак В., Плотнір О., Петров С. Вертикальні кристалізатори в цукровому виробництві. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cc8b70ae-8959-4303-978e-d24401ae0cb3/content> (дата звернення: 14.06.2025).

41. Сущенко А. К. З досвіду впровадження вертикальних кристалізаторів. *Цукор України*. 2002. № 3. С. 15–16.

42. Кухар В. М., Сущенко А. К., Лисюк П. І. та ін. Досвід фірми «ТМА» з впровадженням вертикальних кристалізаторів на цукрових заводах. *Цукор України*. 2002. № 4. С. 19–21.

43. Бібік Д. В. *Розроблення способів очищення сиропу, жовтого цукру та його клеровок у бурякоцукровому виробництві* : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.05. Київ, 2009.

44. Зареченська В. І., Опара В. М., Мельник В. М. *Технологія цукру*. Київ : Освіта України, 2017. 416 с.

45. Гуля В. В. *Технологія цукрового виробництва*. Вінниця : ВНТУ, 2011. 230 с.

46. Кудряшова А. В. *Хімія та технологія цукрових речовин*. Харків : ХДПУ, 2010. 320 с.

47. Фадеев А. М. Сировинна база цукрової промисловості та її вплив на якість продукції. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2015. Вип. 88, Ч. 2. С. 45–51.

					Список використаних джерел	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

48. Голодний О. А. Вплив мінеральних нецукрів на процес кристалізації сахарози. *Прогресивні технології та системи інженерії*. 2018. Вип. 1. С. 208–214.
49. Коваленко М. І. Органічні кислоти та пектини цукрових буряків: вплив на технологічний процес. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25, № 2. С. 92–98.
50. Шевченко С. М. *Оптимізація технологічних процесів у цукровому виробництві*. Київ : Аграрна освіта, 2016. 280 с.
51. Лисенко В. А. Вплив засміченості буряків на втрати цукру при переробці. *Зернові культури*. 2017. № 3. С. 53–57.
52. Ігнатенко М. С. Проблеми зберігання цукрових буряків та шляхи їх вирішення. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2018. № 5. С. 178–183.
53. Ткаченко О. М. Вплив мікрофлори на якість цукрових буряків та продуктів їх переробки. *Харчова промисловість АПК*. 2015. № 1. С. 68–72.
54. Гуля В. В. *Технологія цукрового виробництва*. Вінниця : ВНТУ, 2011. С. 80–85.
55. Дмитрук Л. І. Застосування сірки у цукровому виробництві. *Технологія та обладнання харчових виробництв*. 2017. № 4. С. 45–50.
56. Зареченська В. І., Опара В. М., Мельник В. М. *Технологія цукру*. Київ : Освіта України, 2017. С. 220–235.
57. Щербінін Л. Г., Дяченко Є. В., Дрижирук Ю. В. *Проектування будівельних генеральних планів (з дисципліни «Організація будівництва») : навч. посіб.* Полтава : ПолтНТУ, 2016. 139 с.
58. Шенаур О. В. *Основи безпеки харчових продуктів та система НАССР в закладах ресторанного господарства : навч. посіб.* Рівне : ДНЗ «Рівненське вище професійне училище ресторанного сервісу і торгівлі», 2023. 94 с.
59. Дудко П. М. Переваги від впровадження системи НАССР на підприємствах харчової промисловості України. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/7488/1/20170321_EconFinance_V2_P069-071.pdf (дата звернення: 14.06.2025).
60. Петровська І. О., Мітал О. Г., Мітал С. А. Впровадження системи НАССР у закладах швидкого харчування. *Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво*. 2020. № 1 (112).
61. Назаренко І. І., Скиба Т. М. *Система НАССР у харчовій промисловості : навч. посіб.* Київ : Центр учбової літератури, 2018. 160 с.
62. Ткаченко А. І. *Технічні аспекти впровадження НАССР на підприємствах харчової промисловості*. Харків : УкрНДІХП, 2017. 98 с.
63. Ніпіаліді О., Васильчишин О. Сучасний стан охорони праці в Україні у контексті забезпечення її інноваційного розвитку. *Актуальні проблеми правознавства*. 2020. № 1 (21).

					Список використаних джерел	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79