

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка та дослідження автоматизованої системи управління
колонним дифузійним апаратом

Виконали: студенти VI курсу, групи КАМ-62
спеціальності 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва спеціальності)

Керівник

Нормоконтроль

Завідувач кафедри

Рецензент

(підпис)

Козішкурт В.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Хомин І.Б.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Дмитрів О.Р.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Козбур І.Р.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Савків В.Б.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Золотий Р.З.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Анотація

Одним з основних технологічних процесів цукробурякового виробництва є витяг цукру з буряка, що здійснюється екстрагуванням у дифузійних апаратах. В кваліфікаційній роботі розроблено схему автоматизації процесу дифузії цукру, що відбувається у колонному дифузійному апараті.

На основі аналізу технологічної схеми процесу кристалізації цукру у вакуум-апаратах, запропоновано систему автоматичного регулювання режимних параметрів цих апаратів.

Модернізовано систему управління технологічним процесом екстрагування бурякового соку, яка забезпечує вимірювання та індикацію таких параметрів процесу варіння цукру як рівня та в'язкості, а також виявлення аварійних ситуацій у керуванні процесом та обмін даними із зовнішньою ЕОМ.

Для вимірювання витрат бурякового сиропу на всіх стадіях техпроцесу розроблено спеціальний електромагнітний витратомір.

Обсяг пояснювальної записки 112 сторінок. Обсяг графічного матеріалу 12 аркушів.

Зміст

Анотація	4
Вступ	8
1. Аналітична частина	10
1.1 Аналіз пристроїв та установок для автоматизації процесу виготовлення цукру.....	10
1.1.1 Дифузійні апарати.	10
1.1.2 Автоматизовані системи управління процесом дифузії. .	16
1.1.3 Вакуум-апарати.....	18
1.1.4 Автоматизовані системи управління ділянками вакуум-апаратів.	21
1.2. Обґрунтування актуальності автоматизації технологічного процесу виготовлення цукру.	24
2. Технологічна частина.....	26
2.1. Характеристики цукру відповідно до стандартів.	26
2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення цукру	29
2.2.1. Технологічні режими процесу дифузії бурякового соку.	36
2.2.2 Кристалізація цукру.....	37
2.2.2.1 Уварювання утфелю I кристалізації.	38
2.2.2.2 Уварювання утфелю II кристалізації при трьохкристалізаційній схемі.	39
2.2.2.3 Уварювання утфелю останньої кристалізації.	41
3. Конструкторська частина	45
3.1. Аналіз вихідних даних на проектування автоматизованої системи дифузії та кристалізації цукру.	45
3.2 Підбір серійного обладнання для дифузії цукру.....	46
3.2.1 Пісковловлювач ПЛ-У	46

3.2.2 Водовіддільник.....	47
3.2.3 Відстійник.....	48
3.2.4 Ротаційний пульповловлювач.....	50
3.2.5 Ротаційний пульповловлювач.....	52
3.3 Підбір серійного обладнання для кристалізації цукру.	55
3.3.1 Технологічні схеми кристалізації цукру.	55
3.3.2 Обладнання для варіння утфелів.	56
3.4 Контролер процесу кристалізації.	57
3.4.1 Режими роботи контролера.	58
3.4.2 Встановлення опорних параметрів.	61
3.4.3 Виявлення аварійних ситуацій.	63
3.4.4 Технічні характеристики контролера.	64
3.4.5 Будова та принцип роботи контролера.....	65
3.4.6 Система тестування контролера.	66
3.4.7 Захист контролера по входу.	69
3.5 Розроблення електромагнітного витратоміра.....	70
3.5.1. Технічні характеристики витратоміра.	71
3.5.2 Принцип роботи витратоміра.	74
3.5.3 Підготовка витратоміра до роботи.....	75
3.5.4 Опис робочого режиму витратоміра.	76
4 Науково-дослідна частина.	79
4.1 Аналіз варіантів конструювальних схем автоматизованої виробничої системи.	79
4.2 Аналіз продуктивності технологічного процесу виготовлення цукру.....	81
5 Спеціальна частина	85
5.1 Алгоритм керування дифузійним апаратом.....	85
5.2 Алгоритм керування вакуум-апаратами.....	86
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	92

6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві	92
6.1.1 Заходи, що забезпечують умови праці на обладнанні, що проектується.	92
6.1.2 Заходи безпеки при експлуатації електрообладнання в цеху, що проектується.....	94
6.1.3 Шляхи збереження і підвищення продуктивності праці на виробництві.	95
6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	99
6.2.1 Підвищення стійкості роботи цукрового заводу при дії електромагнітного поля або імпульсу на організм людини та виробництво.	99
6.2.2 Уражаюча дія електромагнітного випромінювання.....	101
6.2.3 Методи захисту від впливу електромагнітного випромінювання.....	103
Висновки	109
Висновки	111
Перелік посилань	112

Вступ

Продукція цукрового виробництва широко використовується в харчовій, зокрема в кондитерській промисловості, продукція якої користується щороку більшим попитом не лише на ринку держави, але й на зовнішніх ринках. Важливим є вчасне забезпечення даної галузі необхідною сировиною. Цього можна досягти шляхом автоматизації технологічних процесів виробництва цукру через впровадження новітніх зразків обладнання з можливістю централізованого числового керування [1, 2, 3, 4, 5].

На сьогодні цукрова промисловість в Україні є дуже розвинутою. Працівники цієї галузі ставлять перед собою задачу не тільки збільшення об'єму виробництва цукру, але й в значному покращенні всіх виробничо-технічних показників роботи цукрових заводів особливо підвищення продуктивності праці. Для цього потрібно автоматизувати виробничі процеси, швидше впроваджувати у виробництво нові досягнення науки і техніки, прогресивні технології і передовий досвід, знижувати собівартість цукру-піску і підвищувати його якість.

Підвищення продуктивності цукрових заводів, зростання потужності та можливостей технологічного обладнання, розроблення сучасних енергоефективних технологій, забезпечують покращення якості цукру та іншої продукції цього безвідходного виробництва, потребують постійного оновлення та покращення технічних та програмних засобів автоматизації [6, 7, 8].

Мета автоматизації – перш за все підвищення продуктивності машин і скорочення кількості обслуговуючих робочих, а також отримання економічного ефекту в порівнянні з неавтоматизованим виробництвом. Тому автомати і автоматичні лінії повинні проектуватися перш за все з

позицій забезпечення високої продуктивності і економічної ефективності нової техніки [9, 10, 11].

Упровадження напіваавтоматів і автоматів, і тим більше автоматичних систем машин, знімає будь-які обмеження в реалізації технологічних процесів, конструкцій і компоновок, пов'язані з безпосередньою участю людини у виробничих процесах.

1. Аналітична частина

1.1 Аналіз пристроїв та установок для автоматизації процесу виготовлення цукру.

1.1.1 Дифузійні апарати.

Головними технологічними процесами при виготовленні цукру з цукрового буряка є: екстрагування сахарози з буряків; випаровування води з дифузійного соку у випарних апаратах аж до кристалізації сахарози. Всі інші технологічні операції є допоміжними [12, 13, 14].

На рис. 1.1 зображено повну технологію виготовлення цукру з буряка на типовому цукровому заводі.

Одним з основних технологічних процесів цукробурякового виробництва є витяг цукру з буряка, що здійснюється екстрагуванням (дифузією) у дифузійних апаратах або установках. Дифузійні установки повинні бути нескладними в обслуговуванні та ремонті.

Сучасні дифузійні установки складаються з ошпарювача, у якому стружка нагрівається (ошпарюється) гарячим соком для денатурації (згортання) протоплазми бурякової клітковини, з метою підготовки до проведення власне процесу дифузії, тобто видобутку цукру зі стружки. З ошпарювача стружка в суміші із соком надходить у дифузійний апарат, у якому за допомогою води і здійснюється знецукрення стружки.

За такою схемою працює більшість дифузійних установок неперервної дії, за винятком похилих шнекових і деяких інших апаратів, в яких ошпарювання стружки проводиться в самому апараті в початковій його частині.

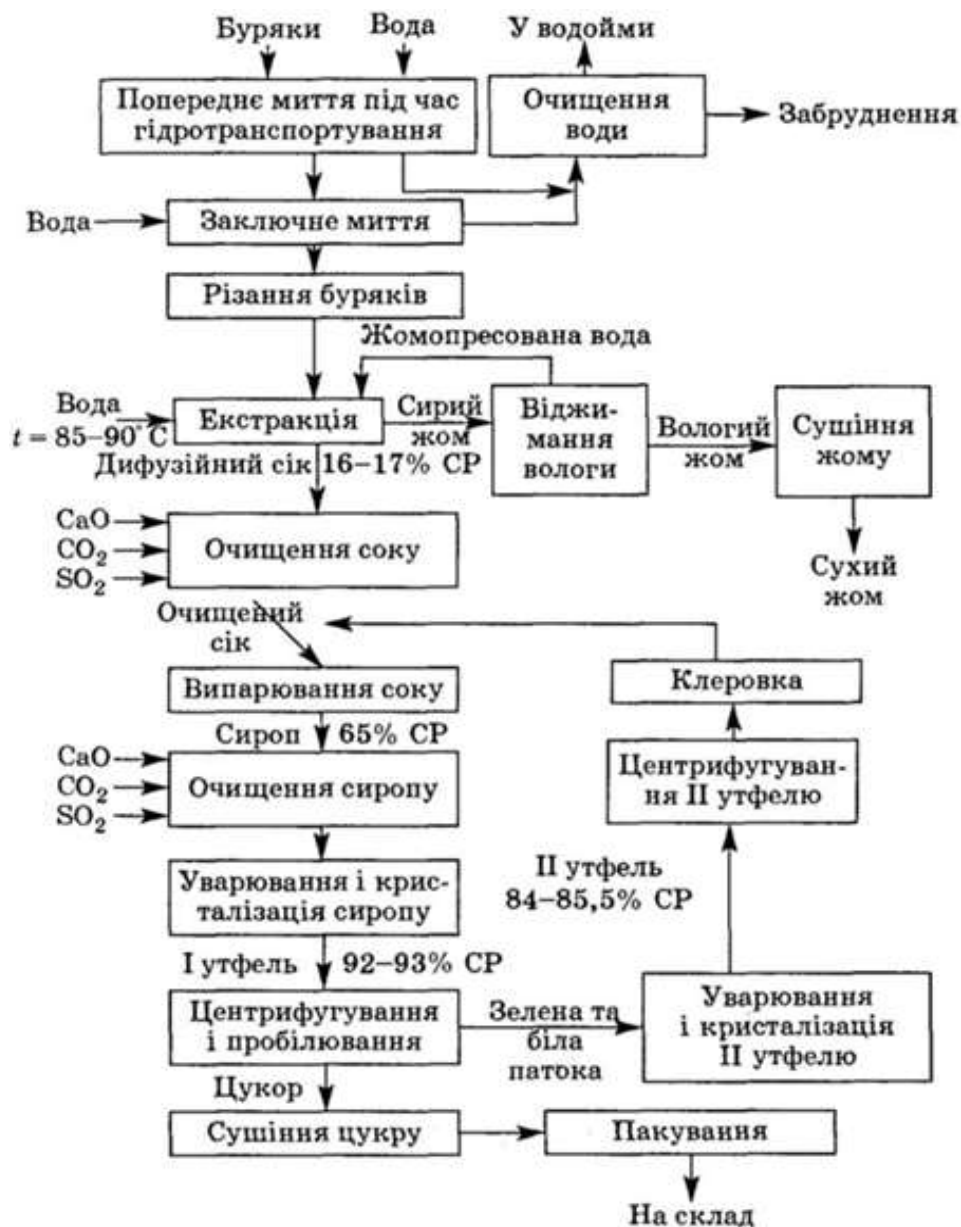


Рисунок 1.1 – Типова технологія виготовлення цукру з буряка.

Крім перерахованих вище вимог усі дифузійні установки неперервної дії повинні задовольняти ряд специфічних вимог:

неперервне надходження стружки і води та неперервний відвід соку і жому;

рівномірне знецукрення бурячної стружки;

повне повернення жмопресових вод;

високу якість і фільтраційну здатність соку;

при переробці некондиційного буряка (підв'ялого, підмороженого, підгнилого) якість соку не повинна значно погіршуватися;

невелика витрата пари;

повна автоматизація процесу;

мала кількість рухомих частин механізмів.

Застосування дифузійних апаратів неперервної дії дає можливість ліквідувати важку фізичну працю, автоматизувати процес сокодобування, скоротити кількість шкідливих стічних вод, зменшити потребу у свіжій воді, знизити втрати цукру, витрата пари і трудозатрати [15, 16, 17].

Існує велика кількість дифузійних апаратів неперервної дії, що відрізняються принципом дії, конструкцією, габаритами, параметрами роботи та ін. І лише деякі з цих конструкцій одержали широке промислове застосування.

Дифузійні апарати неперервної дії поділяються на нахилені (рис. 1.2), вертикальні (рис. 1.3), горизонтальні і ротаційні.

Горизонтальні дифузійні апарати у вітчизняній цукровій промисловості не застосовуються. Невелика кількість ротаційних апаратів, що експлуатуються на вітчизняних заводах, поступово замінюється на апарати похилі чи вертикальні.

Колонний дифузійний апарат КД2А-30 (рис. 1.4) являє собою циліндричну колону, встановлену на постаменті 9, що є опорною конструкцією апарату. Він складається з двох восьмикутних зварених рам, кожна з яких спирається на чотири колони, що закріплюються на фундаменті.

Корпус 17 апарата складається з окремих царг, що зварюються між собою при монтажі й утворюють вертикальну циліндричну шахту. У нижній царзі знаходиться отвір для обслуговування та ремонту апарату, а також встановлений манометр, який показує тиск суміші в апараті.

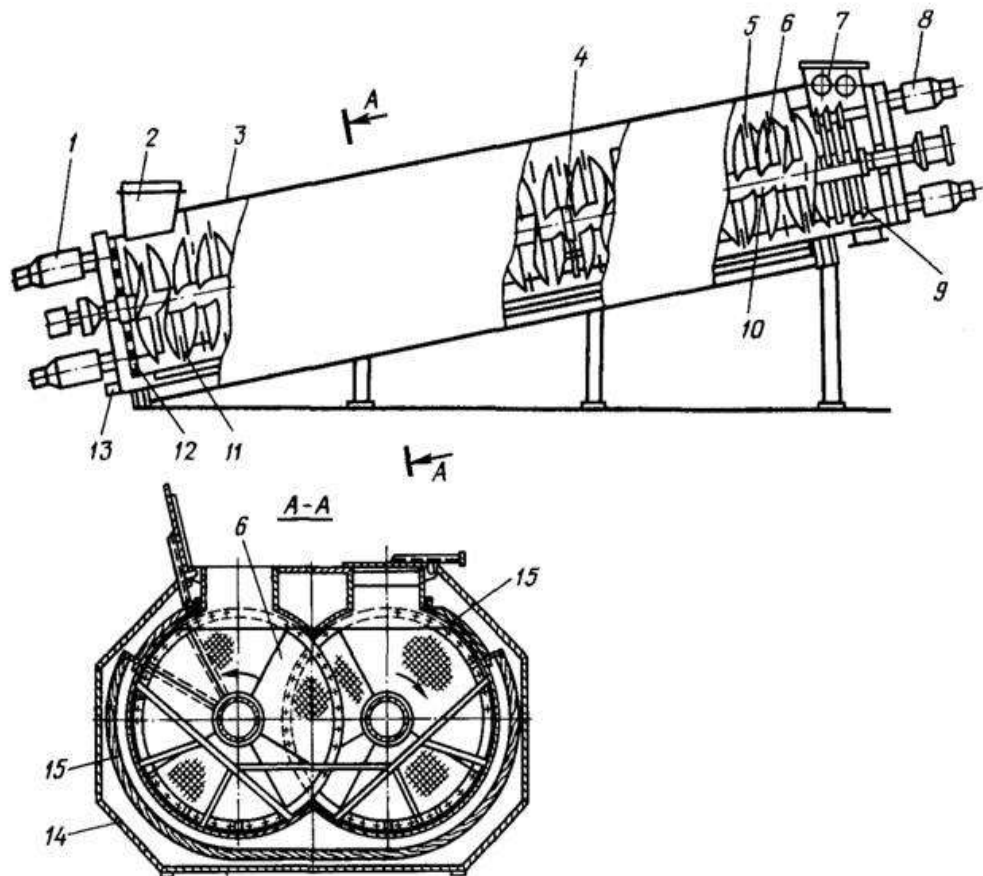


Рисунок 1.2 – Нахилений двошнековий дифузійний апарат:

1, 8 – електродвигуни; 2 – прийомний бункер, 3 – кришка; 4 – опора, 5 – перегородка; 6, 9 – лопаті; 7 – вивантажувальний шнек; 10 – вал; 11 – гріюча камера; 12 – сито; 13 – штуцер для виведення дифузійного соку; 14 – ребро; 15 – корпус.

По висоті корпусу розташовані люки 18 і вікна 19 для обслуговування й огляду апарату. Крани 20 служать для зняття проб соку. У верхній царзі змонтовані два шнеки 1 з індивідуальними приводами для видалення жому.

Всередині корпусу апарату розташований обертовий вал 16 з лопатями 15 та нерухомі, у вигляді вигнутого листа, контрлопаті 13, що разом утворюють транспортну систему апарату для переміщення сокостружкової суміш знизу вверху. З метою підвищення жорсткості вільні кінці контрлопатей кожного ряду приварені до кільця 22, що охоплює трубова.

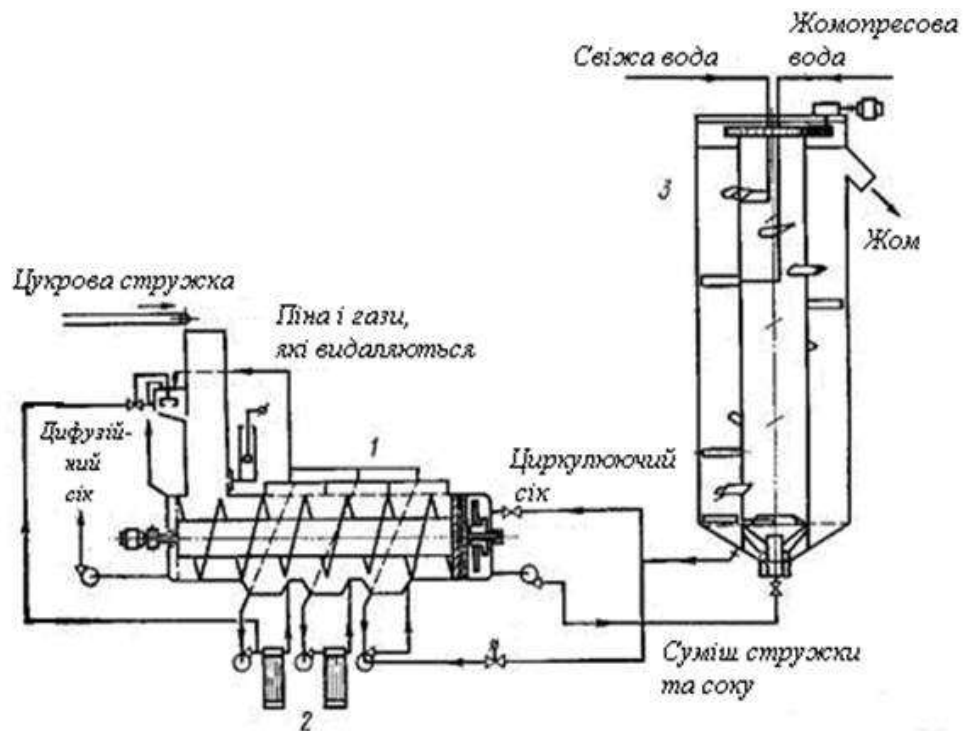


Рисунок 1.3 – Дифузійна установка типу КДА:

1 – ошпарювач; 2 – підігрівач і насоси; 3 – вертикальний колонний дифузійний апарат.

У низу корпусу розміщений сітковий поясok 10, що призначений для подачі в апарат сокостружкової суміші, відділення і виводу з колони башневого соку. Сітковий поясok представляє собою розбірну конструкцію з дванадцяти секторів 8, які виготовлені з дроту і подібні до колосників. На постаменті спільно з сітковим пояском закріплена нижня підшипникова опора 5 трубовалу 16, чотири ситочищувачу 12 і колектори для відведення соку 7.

Трубовал 16 зконструйований з окремих секцій, що утворюють спільну конструкцію при монтажі. На трубовалі по спіральній лінії приварені лопаті 15, що утворюють двозахідну спіраль, а контрлопаті, приварені до корпусу апарату – семизахідні спіралі. Лопаті мають обтічну форми постійного перерізу подібну до крила літака.

На верхній частині трубовала прикріплене зубчате колесо 25, що має зачіплення з приводом дифузійного апарата.

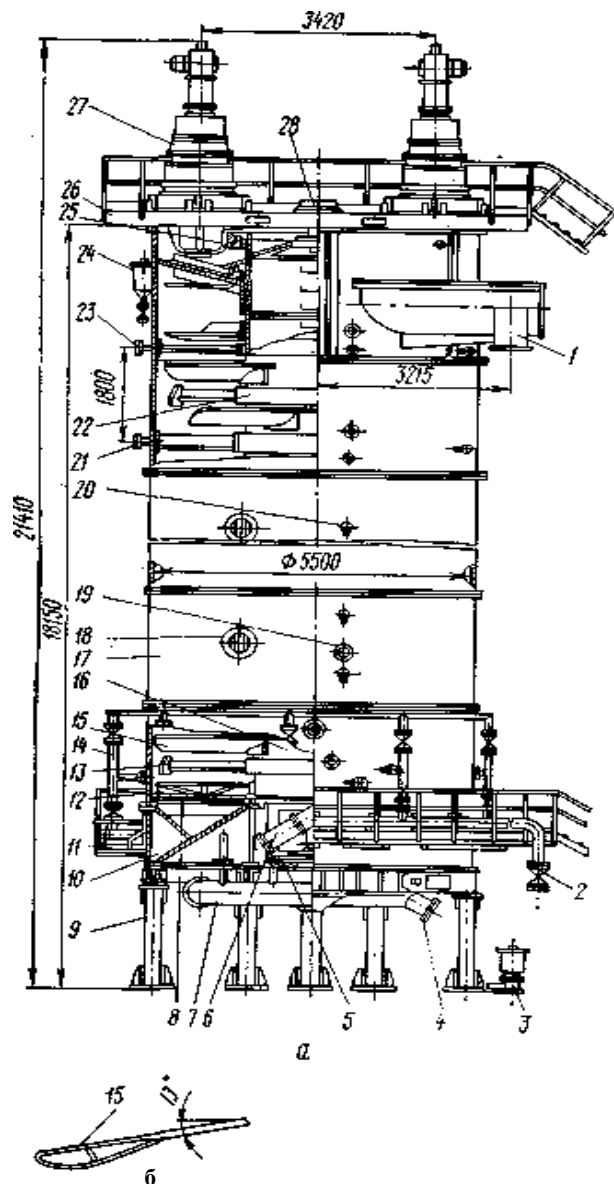


Рисунок 1.4 - Колонний дифузійний апарат КД2А-30:

а – загальний вигляд; б – поперечний переріз

Привід 27 встановлений на вигрузній царзі корпусу і призначений для обертання трубовалу. Він складається з двох вертикальних мотор-редукторів, відкритої зубчатої передачі і рами 26 з огороженнями і люками для обслуговування. На середньому каркасі рами змонтована верхня підшипникова опора 28 трубовалу.

Проміжок між трубовалом і вивантажувальною царгою корпусу має

лабіринтне ущільнення, яке призначене для вловлювання та конденсації пари, котра збирається у верхній частині дифузійного апарата. При цьому пара, що зконденсувалась, відводиться у збірник 24.

Вода подається в апарат через контропаті: барометрична по патрубку 23 через перший, а жомопресова по патрубку 21 через третій чи п'ятий ряди, рахуючи зверху. Додаткове відділення і відведення башневого соку відбувається через нижній ряд контропатей 13. Зазначені контропаті мають просвердлену сіткову камеру і патрубок, що виходить з апарату назовні.

Для відведення башневого соку з нижнього ряду контропатей та їх очищення зворотною подачею соку, передбачений кільцевий трубопровід 14, що спирається на кронштейни площадки 11, призначені для обслуговування і керування запірно-регулюючою арматурою кільцевого трубопроводу колонного дифузійного апарата.

1.1.2 Автоматизовані системи управління процесом дифузії.

Критерієм системи управління процесом дифузії є досягнення раціонального співвідношення між значеннями коефіцієнта відкачування дифузійного соку і втрат цукру в жомі, що визначає величину витрат на отримання і подальшу переробку дифузійного соку [18, 19].

Функції системи управління реалізуються на основі алгоритмів. Алгоритм функціонування системи призначений для координації задач збору інформації про процес, первинної обробки інформації, централізованого контролю процесу і регулювання системи. В його склад входять алгоритми контролю достовірності інформації з аналогових давачів, лінеаризації і масштабування значень параметрів, адаптивного експоненціального згладжування, лінійної екстраполяції даних ручного

вводу, технологічного контролю вимірних значень на відповідність заданим регламентним і (або) передаварійним межам і швидкості зміни параметра, а також обчислення потенційних регулюючих дій по ПІД-закону.

Алгоритми контролю і управління технологічними процесами екстракції цукру з бурякової стружки призначені для ведення основних процесів в дифузійному апараті в раціональному режимі [20, 21, 22]. До складу технологічних алгоритмів управління входять алгоритми розрахунку заданої витрати бурякової стружки, розрахунку заданої витрати споживчої води в дифузійний апарат, розрахунку витрати пари в першу гріючу камеру дифузійного апарату, вибору раціонального значення втрат цукру в жомі. Розраховані значення параметрів вводять в програмно реалізовані ПІД-регулятори Р.

Досвід упровадження АСУ ТП підтверджує, зокрема, важливу роль якісного регулювання продуктивності бурякорізок, обумовлену наступними причинами:

стабілізація продуктивності бурякорізок сприяє досягненню сталого процесу дифузії (або наближення до нього), внаслідок чого підвищується коефіцієнт об'єкту u ;

якісне регулювання знижує динамічне навантаження на бурякорізки і їх приводи, що підвищує довговічність обладнання;

регулювання при дотриманні оптимальних меж швидкості різання підвищує якість стружки і, отже, коефіцієнт об'єкту u ;

плавне обмеження продуктивності бурякорізок при зменшенні споживання соку послаблює негативний ефект від нанесення більш різкого збурення і більш глибокого відхилення процесу дифузії від сталого стану, що знижує коефіцієнт об'єкту u . Таким чином, регулювання продуктивності бурякорізок є необхідною, хоча і недостатньою умовою досягнення раціонального режиму управління процесом екстракції [23, 24].

1.1.3 Вакуум-апарати.

Вакуум-апарати класифікують за такими ознаками:
за технологічним циклом – періодичні і неперервної дії;
за конструкцією корпусу – циліндричні, сферичні;
за просторовим положенням – вертикальні або горизонтальні;
за конструкцією поверхні нагріву – зі змієвиком, кільцевою поверхнею, трубчастими камерами та ін.;
за видом циркуляції утфелю – із природною і штучною циркуляцією.

На вітчизняних заводах застосовуються в основному вертикальні вакуум-апарати періодичної дії, що мають циліндричну форму з трубчастою паровою камерою та природну циркуляцію утфелю.

Утфельний простір вакуум-апарату в процесі варіння наповнюється сиропом. У парову камеру подають теплоносії від якого через нагрівальні елементи тепло передається масі, що уварюється (утфелю). При цьому пара конденсується, а конденсат видаляється з апарату.

Вакуум-апарат ПВЕ-60 (рис. 1.5) являє собою циліндричну посудину 2 з конічною верхньою частиною і днищем, що закінчується спускним шибром 1.

У верхній частині апарату знаходиться пастка 4 і вентиль 3, а в нижній частині розташована гріюча камера 5 підвісного типу з центральною циркуляційною трубою.

Трубні решітки камери – плоскі з завальцьованими трубками діаметром 102х3,5 мм. Для покращення циркуляції утфелю і зменшення осідання кристалів існує додаткова віялоподібна трубчаста поверхня нагріву 6.

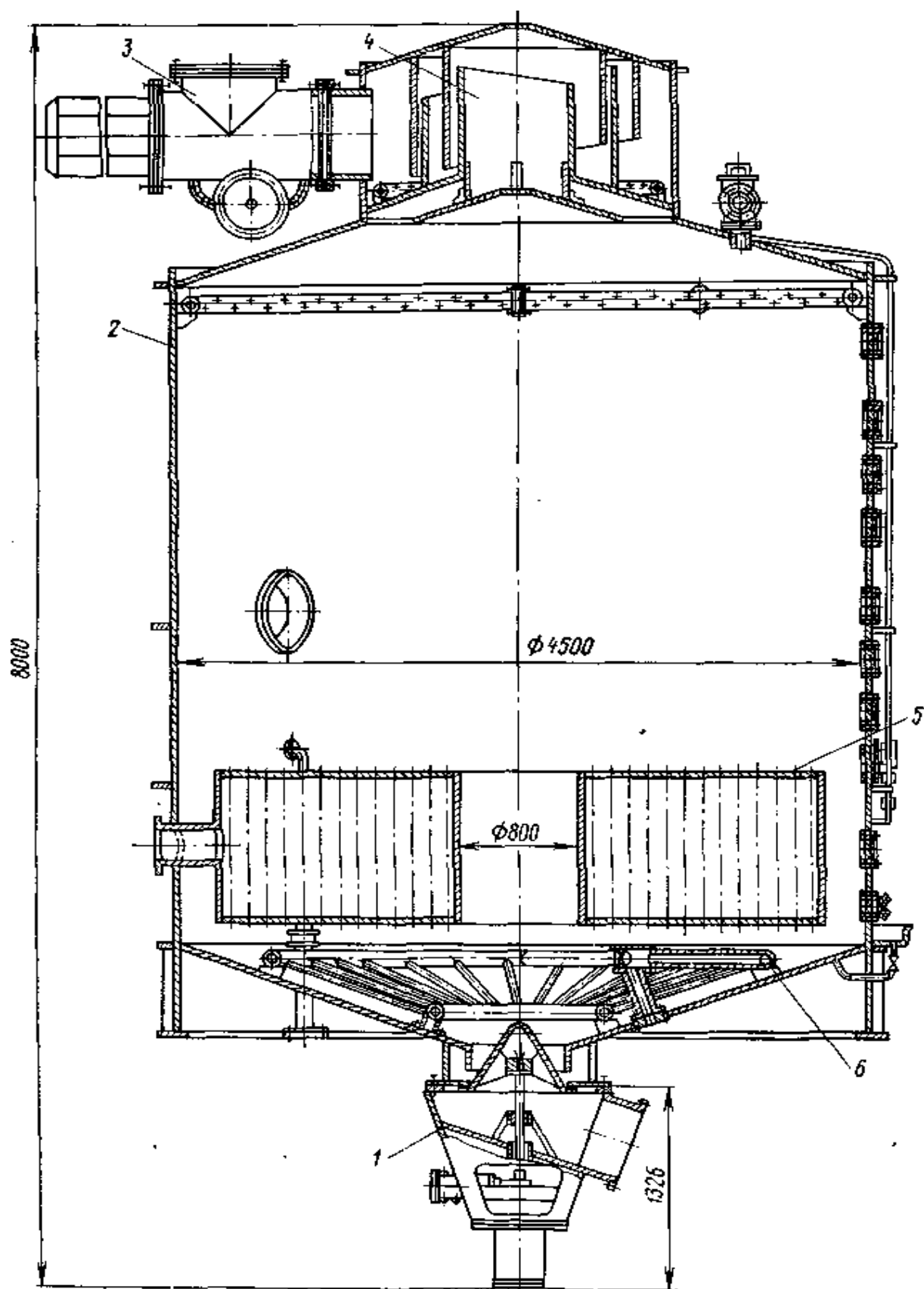


Рисунок 1.5 - Вакуум-апарат ПВЕ-60.

Для остаточного відділення від вторинної пари крапель утфеля ця пара від кожної групи періодично діючих вакуум-апаратів направляється в груповий сепаратор (рис. 1.6).

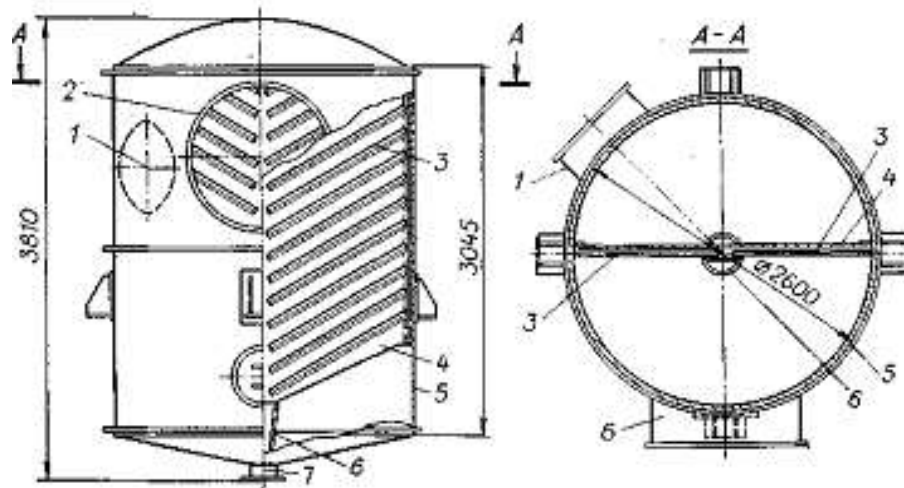


Рисунок 1.6 - Груповий сепаратор утфельної пари.

Сепаратор являє собою циліндричний корпус 5, розділений вертикальною перегородкою 4 на дві камери. У першу камеру по патрубку 2 надходить з вакуум-апаратів пара, що містить краплі утфелю. Тут перед перегородкою встановлені похилі полки 3.

Пара, вдаряючись до перегородки, омиває полиці, залишаючи на них частину утфелю, і надходить у нижню частину корпусу. Тут вона різко змінює напрямок свого руху, проходить під перегородкою в другу камеру, піднімається в ній нагору і виходить із сепаратора через патрубок 1. При зміні напрямку руху пари, краплі утфеля, як більш важкі, не надходять у другу камеру, а відокремлюються від пари і разом з виловленим на полицях утфелем через лійку 6 виходять із сепаратора через патрубок 7.

Перед вакуум-апаратами встановлюються збірники для сиропу й відтоків, з яких вариться утфель. Ці збірники являють собою прямокутні чи циліндричні закриті резервуари, у дні яких розташовуються нагрівальні

елементи (у збірників сиропу – змієвикові, у збірників відтоків – барботерні) для нагрівання рідини парою [25, 26, 27]. Збірники оснащуються вимірниками рівня й автоматичними регуляторами температури, вторинні прилади яких встановлюються на щиті керування.

1.1.4 Автоматизовані системи управління ділянками вакуум-апаратів.

В якості критерію управління вакуум-апаратами прийнята тривалість циклу варіння утфелю, яка визначає величину витрат на отримання цукру заданої якості.

Ціль управління – мінімізація тривалості циклу варіння при розрахункових параметрах якості одержуваного цукру. При цьому знижуються втрати цукру і витрати на теплову і електричну енергію. Поставлена ціль досягається розв'язанням наступних завдань: програмно-логічне управління роботою вакуум-апаратів; стабілізація температури сиропу і відтоків, що поступають на уварювання утфелю [28, 29]; дистанційне керування запірною-регулюючою арматурою вакуум-апаратів, сигналізація про відхилення параметрів від заданих граничних значень; аналіз стану обладнання, безпосередньо пов'язаного з вакуум-апаратами по технологічному потоку.

Для мікропроцесорного комплексу (рис. 1.7) вхідними параметрами є аналогові сигнали вимірників перетворювачів абсолютного тиску p_a , температури утфелю T_y , рівня утфелю H_y , в'язкості утфелю μ , витрати конденсату m_k , температури T_n тиску p_n гріючої пари в апаратах 3, температури T_c і рівня H_c сиропу в збірниках 2, температури T_0 і рівня H_0 білого відтоку в збірнику 1, рівня H_m утфелю в міксері 6, розрідження p_v у вакуумній системі, температури T_k барометричної води на виході

конденсатора 5, рівня води H_k в гідрозасувці конденсатора; дискретні сигнали положення запірно-регулюючих органів, а також дані, про доброякісність $Дб_p$ і вміст сухих речовин $СВ_p$ в розчині, що кристалізується, отримані в лабораторії і вводяться оператором 11 за допомогою цифрової і функціональної клавіатури, і інформація від оператора центрифуг 10 про готовність утфелю до центрифугування.

Вихідні параметри МПК – аналогові і дискретні впливи на регулюючі органи підкачки сиропу (відтоку), розрідження в апаратах, подачі охолоджуючої води в конденсатор, подачі пари на підігрів продуктів; дискретні управляючі дії на відсікаючі клапани скидання вакууму, пропарювання, вибору продукту, відключення від вакуумної системи, спуску утфелю.

Вхідні аналогові сигнали поступають на вхід МПК через нормуючі перетворювачі, встановлені в шафі 7. Аналогові сигнали виходів поступають до виконавчих механізмів клапанів через перетворювачі шафи 8, дискретні сигнали – через кросову шафу 9, а сигнали управління відсічними клапанами – ще і через шафи 4 місцевого управління.

Програмно-логічне управління роботою вакуум-апаратів здійснюють на основі математичної моделі управління процесом уварювання утфелів, що включає алгоритми: розрахунку програмних значень коефіцієнтів перенасичення розчину в циклі уварювання утфелю [30, 31, 32]; розрахунку програмних значень підвищення температури кипіння розчину; розрахунку фактичних значень підвищення температури кипіння розчину; розрахунку програмних значень температури утфелю у вакуум-апараті; розрахунку рівня початкового набору вакуум-апарату; управління підкачкою сиропу на стадії згущування; управління підкачкою розчину і введенням затравки на стадії кристалоутворення; управління підкачкою розчину на стадії зростання кристалів; програмно-логічного управління в циклі варіння утфелю.

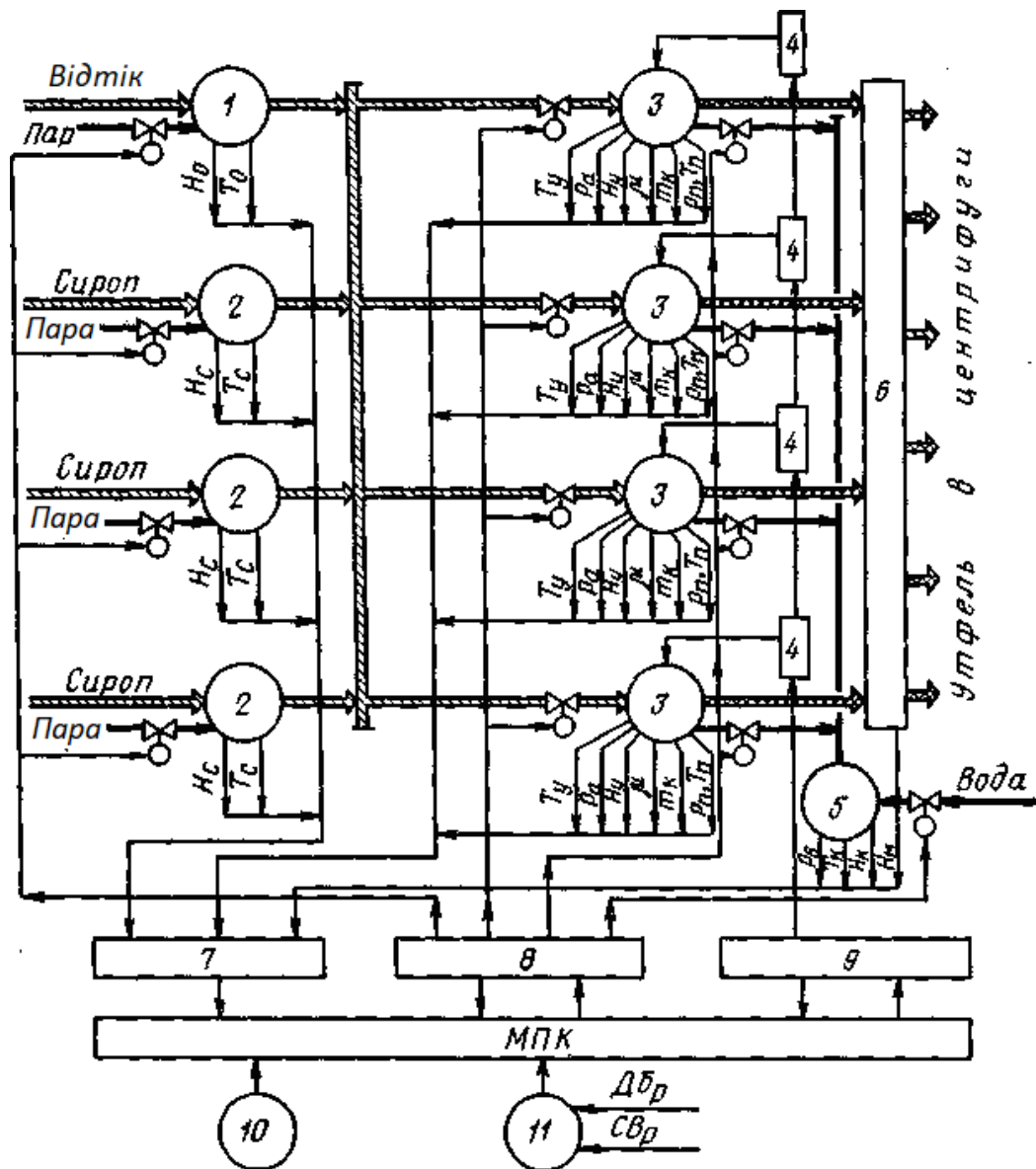


Рисунок 1.7 - Блок-схема АСУ ТП ділянки вакуум-апаратів:

- 1 – збірник білого відтоку; 2 – збірники сиропу; 3 – вакуум-апарати;
 4 – шафи місцевого управління запірною арматурою; 5– конденсатор; 6–
 міксер; 7– шафа перетворювачів вхідних сигналів; 8 – шафа
 перетворювачів вихідних сигналів; 9 – кросова шафа; 10 – оператор
 центрифуг; 11 – оператор вакуум-апаратів

Разом з названими система управління включає алгоритми опитування і обробки первинної інформації, формування управляючих дій по ПІД-закону регулювання, алгоритми функціонування системи, дисплея та ін.

До складу задач управління включені наступні алгоритми дискретного і аналогового управління процесом уварювання утфелю:

алгоритм комбінованого адаптивного управління на стадії зростання кристалів;

алгоритми управління по ПІ-закону регулювання температури сиропу і відтоку в збірниках, абсолютного тиску в апараті і інших параметрів.

1.2. Обґрунтування актуальності автоматизації технологічного процесу виготовлення цукру.

АСУ ТП вакуум-апаратів виконана в основному на базі серійних засобів автоматизації. В процесі аналізу функціонування вакуум-апаратів встановлено, що запірна арматура з електроприводом, призначена для вибору продукту, ненадійна, ускладнює реалізацію автоматичного режиму управління цією арматурою і підготовкою апарату до нового циклу [33, 34, 35, 36]. Вітчизняний і закордонний досвід показує істотні переваги використання в системах управління аналогових і дискретних виконавчих механізмів електропневматичного типу.

Експлуатація АСУ ТП підтверджує доцільність застосування мікропроцесорних систем управління. Їх ефективність досягається шляхом раціонального режиму ведення процесу, зниження тривалості варіння утфелю, поліпшення гранулометричного складу цукру, зменшення водних підкачок утфелю.

Загалом, ці заходи дозволять збільшити продуктивність праці, зменшити втрати сировини, покращити гігієнічні умови виробництва, максимально зменшити використання людських ресурсів і т. д. [37, 38]

2. Технологічна частина

2.1. Характеристики цукру відповідно до стандартів.

Цукор-пісок повинен вироблятися згідно з ДСТУ 2316-93.

Розміри кристалів цукру повинні становити від 0,2 до 2,5 мм. Допускається відхилення від граничних меж зазначених розмірів не більше 5 % від ваги кристалів [39, 40].

За основними споживчими характеристиками цукор повинен задовольняти вимоги, які наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Органолептичні показники

Показник	Характеристика цукру-піску	Характеристика цукру-піску для промислової переробки
Смак і запах	Солодкий, без сторонніх присмаку і запаху, як в сухому цукрі, так і в його водному розчині	
Сипучість	Сипучий	Сипучий, допускаються грудки, що розпадаються при легкому надавлюванні
Колір	Білий	Білий з жовтуватим відтінком
Чистота розчину	Розчин цукру повинен бути прозорим або таким, що має слабу опалесценцію, без нерозчинного осаду, мехенічних або іншихсторонніх домішок	

За фізичним і хімічними характтеристиками цукор повинен задовольняти вимоги, які наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Фізико-хімічні показники

Показник	Норма для цукру-піску	Норма для цукру-піску для промислової переробки
Масова частка цукрози (в перерахунку на суху речовину), %, не менше	99,75	99,55
Масова частка редукуючих речовин (в перерахунку на суху речовину), %, не більше	0,050	0,065
Масова частка золи (в перерахунку на суху речовину), %, не більше	0,04	0,05
Кольоровість, не більше: умовних одиниць	0,8	1,5
одиниць оптичної густини (одиниць ICUMSA)	104	195
Масова частка води, %, не більше	0,14	0,15
Масова частка феродомішок, %, не більше	0,0003	0,0003
Примітка 1. Цукор-пісок для виробництва молочних консервів, продуктів дитячого харчування та біофармацевтичної промисловості повинен відповідати вимогам, що вказані для цукру-піску.		
Примітка 2. Для промислової переробки на рафінадних заводах допускається цукор кольоровістю не більшою від 1,8 умовних одиниць.		
Примітка 3. Величина окремих часток феродомішок не повинна перевищувати 0,5 мм в найбільшому лінійному вимірі;		
Примітка 4. В цукрі-піску для промислової переробки на рафінадних заводах масова частка феродомішок не регламентується.		
Примітка 5. Масова частка води цукру-піску, який упакований в м'які спеціалізовані контейнери, і цукру-піску, що призначений для тривалого зберігання, при відвантаженні повинна бути не більше, ніж 0,10 %		

При виробництві консерв, дитячого харчування і фармацевтичних засобів, для цукру також встановлені допустимі норми (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Мікробіологічні показники

Показник	Норма
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КСО в 1 г, не більше	$1,0 \times 10^3$
Плісняві гриби, КСО в 1 г, не більше	$1,0 \times 10$
Дріжджі, КСО в 1 г, не більше	$1,0 \times 10$
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 1 г	Не допускаються
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду	Не допускаються
Сальмонелла, в 25 г	Те саме

Вміст шкідливих домішок в цукрі також має визначені стандартом норми (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4–Допустимі рівні токсичних елементів і пестицидів

Показник	Норма
Вміст важких металів та миш'яку, мг/кг, не більше:	
ртуть	0,01
миш'як	0,5
мідь	1,0
свинець	1,0
кадмій	0,05
цинк	3,0
Вміст пестицидів, кг, не більше:	
гексахлоран ГХЦГ гамма-ізомер	0,005
фостоксин	0,01
ДДТ	0,005

2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення цукру

Максимально можлива технічна потужність обладнання і цехів цукрового заводу і, як наслідок цього, найвища виробнича потужність всього підприємства і якнайкращі техніко-економічні показники виробництва забезпечуються не тільки окремими технічними і організаційними заходами (оптимальною конструкцією апаратів, застосуванням передових методів обслуговування і т. д.) [41, 42, 43, 44, 45], але значною мірою і комплексною роботою заводу по типових, найбільш сучасних виробничих схемах.

Типові виробничі схемі (технологічна, теплова, водного господарства і комплексної механізації трудомістких зовнішніх робіт) передбачають вигідне взаємне розташування обладнання і пристроїв, передову технологію і кращу організацію виробничих процесів. Тому виконання розрахунків з метою визначення технічної потужності та інших показників обладнання і цехів, повинне здійснюватися з врахуванням технологічних схем їх роботи.

Нижче наведена коротка характеристика прийнятої нині типової виробничої схеми буряко-цукрового заводу, яка відповідає сучасним досягненням науки і техніки..

Типова технологічна схема для цукрових заводів, незалежно від якості буряка (його цукристості і якості соку), що переробляється, прийнята трьохкристалізаційна схема з рафінацією жовтого цукру III утфелю без спеціальних способів знецукрювання меляси. Така схема забезпечує отримання білого цукру-піску високої якості не тільки при нормальній, але і при зниженій доброякісності соків, що звичайно зустрічається в першому півріччі (після 1 січня) при переробці довго лежачого буряка, а в деяких районах – і в другому півріччі, тобто з самого

початку виробництва.

Технологічна схема з двома утфелями – двопродуктова – збережена для діючих заводів, що нереконструюються, і призначається в якості типової для всіх бурякоцукрових заводів з рафінадними цехами.

Відповідно до розв'язання науково-технічної наради по сепарації технологічна схема з вапняною сепарацією або іншими способами знецукрювання меляси застосовується з обґрунтуванням у кожному конкретному випадку економічної доцільності цього заходу [46, 47, 48]. Отриманий при вапняній сепарації трисахарат кальцію використовується для очищення бурякового соку.

В типових виробничих схемах буряко-цукрових заводів передбачається застосування найбільш досконалого технологічного обладнання (буряко-транспортуючих насосів, комбінованих бурякомийок, дифузійних апаратів неперервної дії, вдосконалених установок фільтрацій, багатокорпусних випарних установок з раціональним паровідбором, мішалок-кристалізаторів зі штучним охолодженням утфелю, повністю автоматизованих центрифуг і т. д.).

Для відділення сторонніх домішок (соломи, бадилля, каменів, піску і ін.) від коренеплодів буряка, що поступає в переробку, на шляху його подачі з кагатного поля, встановлюються соломовиловлювачі, каменевиловлювачі (не менше двох до миття) і пісковиловліювачі. Для кращого відділення транспортної та мийної води перед надходженням буряка в мийку і після неї, призначені дискові сепаратори-водовіддільники.

В типову схему входить виловлювання бурякових корінців (хвостиків) і уламків («бою») буряка, очищення їх від забруднюючих домішок і спрямування для використання на корм худобі. Зважування митого буряка відбувається на стрічкових вагах.

З буряка, що поступає в бурякорізки, виловлюються залізні

(феромагнітні) домішки за допомогою електромагнітних сепараторів.

Робота дифузійної установки неперервної дії передбачається з пресуванням всього одержуваного жому і поверненням на дифузію жомотресової води після виловлювання з неї пульпи і проведення термічної стерилізації (підігрів до 85°C) з подальшим 10-хвилинним відстоюванням в декантаторі.

На додаток до жомотресової води для живлення дифузійного апарату неперервної дії використовується гаряча конденсаційна (аміачна) вода з температурою 62–65°C, попередньо оброблена в катіоно-обмінному фільтрі з доведенням її рН до 6.

В дифузійних батареях, в якості рідини екстракції, застосовується барометрична вода, оброблена сірчистим газом (сульфітація) з доведенням реакції також до рН 6.

Перед надходженням бурякової стружки в дифузійний апарат неперервної дії її обшпарюють гарячим соком, який після цього направляють на очищення.

Для попередження розвитку мікроорганізмів в дифузійній установці і пов'язаного з цим підвищенням невизначених втрат цукру, при дифузії передбачається систематична добавка в дифузійний апарат антисептиків (розчину формаліну).

Очищення соку по типовій технологічній схемі проводиться з поверненням на попередню дефекацію нефільтрованого нормально відсатурованого соку I сатурації (150% від ваги буряка) з додаванням необхідної кількості дефекованого соку для досягнення оптимальної лужності переддефекованого соку. Далі переддефекований сік обробляється на основній дефекації і II сатурації вапном у вигляді вапняного молока питомою масою 1,19.

Типова кількість вапна, що додається до соку повинна становити (в % СаО до маси буряка):

на основну дефекацію - 2,5,

на II сатурацію - 0,25.

При сепарації цукру з меляси, кількість вапна, що додається в сік, визначається умовами роботи сепараційного цеху, що передбачають зв'язування у вигляді трисахарату кальцію якомога більшої кількості цукру меляси. При цьому, для очищення соків на виробництві, замість вапняного молока використовується цукрове молоко питомою масою 1,19 з цеху сепарації.

Для кращого очищення вапняного молока від піску і інших домішок в типовій схемі додатково до механічного пісковловлювача застосовується одноступінчата установка гідроциклонів.

Типова схема передбачає можливість застосування при потребі (наприклад, при переробці буряка, що довго зберігався, або зіпсованого буряка) холодної попередньої і основної дефекації замість гарячої дефекації.

Вакуум-фільтраційна установка для соку I сатурації складається: з дискових фільтрів-брудозгущувачів неперервної дії (перспективний тип обладнання) або гравітаційних багатоярусних відстійників-декантаторів (тимчасовий тип) і з вдосконалених барабанних фільтрів.

При використанні відстійників-декантаторів, сік I сатурації, після вакуум-фільтрів, піддається контрольній фільтрації на фільтрах типу Стеллар або на мішкових фільтрах. У подальшому при застосуванні дискових фільтрів-брудозгущувачів і вдосконалених барабанних вакуум-фільтрів, контрольна фільтрація соку I сатурації буде усунута з технологічної схеми.

Фільтрація соку II сатурації здійснюється за типовою схемою на дискових фільтрах (так званих мановакуум-фільтрах). При цьому на даний

час зберігається контрольна фільтрація соку I сатурації, яка при впровадженні керамічних фільтрів стане непотрібною.

Осад від фільтрації соку II сатурації (при роботі на дискових фільтрах) направляється без промивки на переддефекацію.

Фільтрований сік II сатурації піддається сульфитації з фільтрацією на патронних або керамічних фільтрах, а при їх відсутності – на мішкових фільтрах.

Густий сироп з випаровування сульфитується разом з клеровкою жовтих цукрів II і III сорту і фільтрується із застосуванням кизельгура за допомогою патронних або мішкових фільтрів.

Очищений загальний сироп поступає на варіння утфелю I.

Відтоки від утфелю I використовуються таким чином: 1-а зелена патока йде на варіння утфелю II і на афінацію жовтого цукру; 1-а біла патока – на заклад кристалів при варінні утфелю II.

Білий цукор I сорту відбілюється в центрифугах водою без використання пари і висушується в двохбарабанній сушці (перший барабан – сушильний, другий – охолоджувальний), після чого сортується на грохоті по величині кристалів.

Відтоки від утфелю II направляються: 2-а зелена патока – на варіння утфелю III, а 2-а біла патока – на закладання кристалів при варінні утфелю III. Жовтий цукор II сорту поступає на клеровку.

При фугуванні утфелю III відбирається один загальний відтік – меляса, яка за наявності сепараційного цеху подається до нього для знецукрення.

При застосуванні сепарації, з причини накопичення в мелясі речовин (рафінози і ін.), що повертаються на виробництво з цукровим молоком і ускладнюють кристалізацію цукру, потрібно виводити з виробництва (періодично або безперервно) 15–20% меляси у вигляді відходної (дискардної) патоки. Таким чином, сепарації підлягають лише

80–85% загальної кількості одержуваної на заводі меляси.

Жовтий цукор III сорту піддається афінації 1-ю зеленою патокою. Афінаційна маса (афінаційний утфель) фугується і пробілюється в центрифугах разом з утфелем II. Отриманий в результаті афінаційний відтік приєднується до 2-ї зеленої патоки і разом з нею йде на варіння утфеля III.

Афінований жовтий цукор III сорту клерується гарячим соком II сатурації (відбирається після підігрівачів перед випаровуванням) разом з жовтим цукром II сорту. Клеровка жовтих цукрів, як описано вище, приєднується до густого сиропу з випаровування.

Для виловлювання залізних (феромагнітних) домішок з сухого білого цукру в схемі передбачений електромагнітний сепаратор, встановлюваний після сушильного барабана для цукру.

Кормова патока (меляса), що поступила у відділення сепарації, розбавляється в мішалках холодною водою і промивом (білим лугом) з вакуум-фільтрів холодного сахарату до 5-6 % вмісту цукру, і тут до неї додається холодне вапняне молоко (питома маса 1,19) до лужності розчину 1,0-1,2% CaO.

В реакторах, до лужного патокового розчину додається при охолодженні його водою (через трубчасту поверхню охолодження) тонкий вапняний пил, отриманий на ролико-маятникових млинах (необхідна суміш помелу вапна характеризується залишком не більше 1-3% на ситі, що має на 1 см² 6400 отворів).

Свіжообпалене вапно, що використовується для сепарації, повинно містити 80-90% активного вапна (CaO). В теплу пору осені для зниження температури води, що охолоджує реактори сепарації, застосовується пароводяна ежекторна машина (типу 7Е або 8Е).

Цукрова суспензія з реакторів направляється для видалення піску, частинок недопаленого вапна та інших механічних домішок на

класифікатор, а потім в корита перших вакуум-фільтрів для холодного сахарату.

Для отримання високоякісного сахарату передбачається подвійна його фільтрація на вакуум-фільтрах. Промитий сахарат з перших фільтрів поступає в проміжну мішалку, де розбавляється холодною водою до питомої ваги суспензії 1,19, а потім насосом подається в корита других вакуум-фільтрів для холодного сахарату.

З других вакуум-фільтрів промитий сахарат поступає в мішалку цукрового молока. Фільтрат (чорний луг) з перших вакуум-фільтрів змішується разом з чорним лугом від других вакуум-фільтрів для холодного сахарату і прямує в мішалки-підігрівачі (реактори гарячого сахарату). Промив (білий луг) від перших і других вакуум-фільтрів для холодного сахарату змішується і подається на розбавлення меляси.

Чорний луг після нагріву в мішалках-підігрівачах до 90–92°C і випадання із нього гарячого трисахарату кальцію поступає у відстійник (декантатор). Згущена суспензія чорного лугу з відстійника направляється на вакуум-фільтри для гарячого сахарату, а відстій видаляється з цеху.

Гарячий сахарат промивається на вакуум-фільтрах гарячої водою і приєднується до холодного сахарату з других фільтрів. З суміші холодного і гарячого сахарату при розбавленні їх в мішалці охолодженим промивом з сокових фільтрів готується цукрове молоко (питома вага 1,19), яке і йде на очищення соків замість вапняного молока, що використовувалось при схемі без сепарації цукру з меляси.

Фільтрат і промив з вакуум-фільтрів для гарячого сахарату не розділяються, а додаються до відходного лугу з відстійника. Разом з останнім вони представляють собою кінцевий відхід цеху сепарації.

2.2.1. Технологічні режими процесу дифузії бурякового соку.

1. Втрата цукру, відносно маси буряка 0,25-0,40 %;
2. Характеристика бурякової стружки:
 - довжина 100 г, 10-13 м;
 - вміст пульпи та браку, не більше 3 %;
3. Відбір дифузійного соку, 120 % відносно маси буряка;
4. Витрата води для дифузійного процесу, 90-105 % відносно маси буряка;
5. Температурні режими:
 - температура соку поперечного потоку після нагрівача 78-80 °С;
 - температура баштового соку після нагрівача 78-80 °С;
 - температура сульфатованої води 65-70 °С;
 - температура гнітопресової води, що повертається в апарат 70-75 °С;
 - середнє значення температури в колоні 70-72 °С.

Температурний режим у колонній дифузійній установці регулюють кількістю і температурою циркуляційного соку, температурою баштового соку, сульфатованої і гнітопресової води.

Для забезпечення рівномірної роботи і підтримки постійного питомого навантаження колони стружкою необхідною умовою є безперервна подача стружки в шахту ошпарювача. При ненадходженні її протягом 10 хв роботу колони й ошпарювача зупиняють.

Дифузійний сік очищають від пульпи на ротаційних пульповловлювачах. Вміст пульпи в очищеному дифузійному соці не повинен перевищувати 1,0 г/л. Відділену мезгу направляють у головну частину дифузійного апарату.

Ротаційні пульповловлювачі повинні оснащуватися плетеними ситами з розміром комірок не більш 1,0x1,0 мм. Регенерацію сит

ротаційних пульповловлювачів здійснюють щітковим регенератором і струменем стиснутого повітря тиском не нижче 0,3 МПа.

2.2.2 Кристалізація цукру.

За основу прийнято трьохкристалізаційну схему з афінацією жовтого цукру III кристалізації першим відтоком утфелю I кристалізації. При використанні сучасним обладнанням, така схема забезпечить виготовлення цукру відповідно до ДСТУ [49, 50]. Також вона забезпечить мінімальний залишок цукру в мелясі.

Сироп, що надходить на уварювання, у суміші з клеровкою повинен містити не менш 65% масової долі сухих речовин, бути прозорим і мати рН 7,8-8,2, вмісту солей кальцію – 0,12-0, 5% СаО до маси сиропу, кольоровість - не більше 40 умовних одиниць.

Засоби по забезпеченню ефективної роботи станції уварювання:

1. Повітряно-конденсаційна система повина забезпечувати розрідження у вакуум-апаратах не нижче 0,085 МПа.

2. Вміст контрольних пасток вакуум-апаратів I кристалізації потрібно направляти в клеровочну мішалку, пасток вакуум-апаратів II кристалізації - у збірник першого відтоку утфелю I кристалізації, пасток вакуум-апаратів III кристалізації - у збірник відтоку утфелю II кристалізації.

3. Збірники для сиропів і відтоків повинні бути оснащені регуляторами для автоматичного підтримання заданої температури.

4. Для рівномірного використання сиропу, відтоків і гріючої пари, а також нормального навантаження конденсаторної установки, набір сиропу в апарати повинен відбуватися по заздалегідь розробленому графіку, який складається у відповідності з оптимальною для даної якості буряка тривалістю уварювання.

5. Необхідно організовувати двосторонній зв'язок вакуум-апаратів з випарною установкою, відділом центрифугування і лабораторією заводу.

6. При довгому простоюванні вакуум-апарату або необхідності проведення ремонтних робіт, повинно бути забезпечено його повне звільнення від продукту з подальшою пропаркою і відключенням апарату від водяних, парових і продуктових трубопроводів шляхом установки заглушок з хвостовиками [51, 52]. До включення апарату для роботи, вентиль для подачі повітря і спускний шибер повинні бути відкриті.

2.2.2.1 Уварювання утфелю I кристалізації.

Технологічні параметри процесу.

1. Масова частка сухих речовин у готовому утфелю, 92,0-92,5%;
2. Розрідження в апараті, 0,085 МПа (таке глибоке розрідження може бути досягнуте при наявності роздільних конденсаторів для вакуум-апаратів I, II і III кристалізації);
3. Температура кипіння утфелю, 72-78 °С;
4. Надлишковий тиск гріючої пари, 0,07-0,1 МПа;
5. Ефект кристалізації, 12-13 од.

При поступленні на станцію уварювання концентрованого сиропу (масова частка сухих речовин становить 68-72%) процес уварювання ведуть наступним чином:

- сироп після III корпусу вакуум-апарата (масова частка сухих речовин близько 55%) і клеровка цукру II кристалізації після сульфатування та фільтрування поступає до IV корпусу вакуум-апарата;
- після концентратора сироп, у якому масова частка сухих речовин зросла до 68-72%, подається у збірники;
- для “проби” набирається мінімальний об’єм сиропу та забезпечується покриття поверхні теплообміну перед внесенням затравки;

- перед внесенням кристалів температуру увареного сиропу піднімають до 84-86°C за допомогою зменшення розрідження;
- після досягнення коефіцієнта перенасичення 1,2-1,3 в апарат вводять затравку;
- після утворення необхідної кількості кристалів переривають кристалоутворення розгойдуванням;
- після закріплення кристалів температуру кипіння утфелю поступово знижують до 80-82°C, підвищуючи розрідження;
- після нетривалого уварювання температуру кипіння утфелю підвищують до 86°C;
- перед закінченням уварювання утфелю температуру його поступово знижують до 76-78°C.

2.2.2.2 Уварювання утфелю II кристалізації при трьохкристалізаційній схемі.

Технологічні параметри процесу:

1. Масова частка сухих речовин у готовому утфелі, 92,0-93,0 %;
2. Вакуум в апараті, 0,08-0,09 МПа;
3. Температура кипіння утфелю, 65-76 °C;
4. Тиск гріючої пари, 0,070-0,10 МПа;
5. Ефект кристалізації, 5-7 од.

1. Для одержання утфелю III кристалізації з доброякісністю, що не перевищує 75%, утфель II кристалізації необхідно уварювати з другого і першого відтоків утфелю I кристалізації із середньою (динамічною) доброякісністю близько 86%.

2. При використанні трьохкристалізаційної схеми, яка передбачає

використання частини (близько 1/3) утфелю II в якості кристалічної основи для уварювання утфелю III кристалізації, доброякісність відтоку, що поступає на уварювання утфелю II кристалізації, може бути знижена до 82%.

3. Відтоки перед подачею в апарат нагрівають у збірниках відкритою парою до 85°C, щоб розчинити кристали і забезпечити негайне закипання їх при надходженні в апарат. При цьому необхідно уникати довгострокового нагрівання відтоків, щоб не було зайвого розкладання сахарози. Відтоки подають у вакуум-апарат послідовно по спадаючій доброякісності (спочатку другий, потім перший відтік).

4. Початкове заповнення апарату здійснюють так, щоб уся поверхня нагрівання в момент заведення кристалів цукру була закрита киплячим відтоком. Подання відтоку в апарат відбувається одразу після його пропарювання, щоб гарячий відтік, потрапляючи в гарячий апарат, зразу ж в ньому закипів.

Вентилі гріючої пари відкривають, як тільки вся поверхня нагрівання чи окремі її секції, що включаються в роботу, покриваються киплячим відтоком.

5. Відтік згущують для заведення кристалів цукру при повністю відкритому повітряному вентилі. Готовність відтоку до заведення в нього кристалів цукру визначають по зовнішніх ознаках.

6. Кристали цукру заводять цукровою пудрою, що подається в апарат у кількості 60~80г при температурі 76-78°C. Після закріплення кристалів двома-трьома підкачуваннями, подальше їхнє нарощування проводять при температурі 74-76°C.

7. Утворення кристалів протікає в умовах більш високої щільності міжкристалічного розчину ніж при уварюванні утфелю I кристалізації. Час початку і закінчення підкачувань визначають візуально (по зовнішніх ознаках уварюваного утфелю) і по пробі утфелю на склі.

8 Утфель центрифугують нагарячо.

2.2.2.3 Уварювання утфелю останньої кристалізації.

Технологічні параметри процесу:

1. Масова частка сухих речовин у готовому утфелі, 94-95 %;
2. Розрідження в апараті, 0,08-0,09 МПа;
3. Температура кипіння утфелю, 60-72 °С;
4. Тиск гріючої пари, 0,07-0,10 МПа;
5. Ефект кристалізації, 10-12 од.

Особливості протікання процесу:

1. При двокристалізаційній схемі, на уварювання утфелю останньої кристалізації поступають перший відтік утфелю I кристалізації і афінаційний.

2. При трьохкристалізаційній схемі, для уварювання утфелю останньої кристалізації використовують відтіки утфелю II кристалізації, афінаційний відтік; і відтік, який отримуємо від промивки центрифуг III кристалізації.

3. При проблемах в уварюванні утфелю останньої кристалізації, досить добре для інтенсифікації процесу кристалізації, усунення піноутворення і поліпшення процесу центрифугування, застосовувати поверхнево-активні речовини – ПАВ.

4. Відтоки, що подаються в апарати, -не повинні містити кристалів цукру. Розчинення кристалів забезпечують нагрівання відтоку до 85°С в збірниках за допомогою барботерів.

5. Згущення відтоку до заведення кристалів цукру:

а) Перед введенням у вакуум-апарат другого відтоку утфелю II кристалізації його нагрівають у збірнику до 85°С.

б) Пропарюють апарат, закривають спускний отвір і потім, при

розрідженні не більше 0,04 МПа, в апарат набирають відтік. До кінця набору розрідження збільшують поступовим відкриванням вентиля.

в) Перший набір апарата проводять так, щоб поверхня нагрівання покрилася киплячим відтоком.

г) Відтік згущують до заведення кристалів при повністю відкритому повітряному вентилі. Не слід заводити кристали цукру в періоди, коли у вакуумній системі за якимись причинами спостерігається мале розрідження. Так, наприклад, не можна заводити кристали в момент підключення якого-небудь іншого вакуум-апарата до повітряного трубопроводу.

д) Про готовність відтоку до заведення кристалів судять по зовнішніх (органолептичних) ознаках (рухливості утфелю в апараті, швидкості стікання бризок по оглядовому склі та пробі “на волосок”). Кристали заводять при температурі 72~76°C.

6. Заведення кристалів цукру:

а) Кристали цукру заводять шляхом подання в апарат цукрової пудри за один прийом. Її кількість для апарату ємністю 40 т складає 150-200г. Вимоги до цукрової пудри, яка застосовується для утворення кристалів, такі ж, як і для пудри, що використовується при уварюванні утфелю І-кристалізації.

б) Після введення пудри в апарат, ретельно промивають пробний кран.

в) Переконавшись у тім, що в апараті утворилася необхідна кількість кристалів цукру, негайно знижують степінь перенасичення міжкристального розчину для припинення подальшого утворення кристалів. Утворені кристали закріплюють нарощуванням. Для цього проводять дві-три невеликі підкачки відтоку, із проміжком 2-4 хв.

г) При уварюванні утфелю ІІ кристалізації на кристалічній основі утфелю ІІ кристалізації, його розрахункову кількість вводять при

відкритому повітряному вентилю в вакуум-апарат III кристалізації. Пару у парову камеру подають після того, як поверхня нагрівання покриється утфелем. Його розгойдують відтіком утфелю II кристалізації і продовжують уварювання. Розміри кристалів утфелю II кристалізації, використовуюваного як кристалічну основу, повинні бути в межах 0,25-0,35мм.

7. Нарощування кристалів цукру:

а) Кристали цукру нарощують введенням першого відтоку утфелю попереднього ступеня кристалізації - частими невеликими підкачуваннями при безперервному живленні апарату. Безперервні, а також часті невеликі підкачування усувають шкідливі для уварювання утфелю коливання величини перенасичення міжкристального розчину. Підвищення перенасичення перед черговою підкачкою знижує циркуляцію в апараті і цим гальмує процес випаровування води, а зайве розведення міжкристалічного розчину затримує ріст кристалів. Крім того, сильне згущення маси супроводжується інтенсивним утворенням вторинних кристалів, які знижують якість кристалічного цукру. Видалення вторинних кристалів розчиненням приводить до зменшення виробничої потужності вакуум-апарату. До кінця нарощування кристалів, інтервали між підкачуваннями і їх тривалість поступово збільшують.

б) Час початку і закінчення підкачувань, а також тривалість кожного підкачування встановлюють по пробі на склі узятій із пробного крану апарата.

в) Розділення кристалів проводять шляхом підкачування в апарат відтоку, підігрітого на 5~10°C більше температури кипіння в апараті.

г) В кінці уварювання, при остаточному згущенні утфелю, з апарату забирають афінаційний відтік.

д) Температуру уварювання в період нарощування кристалів підтримують на рівні 68-70°C.

8. Остаточне згущення утфелю:

а) Останню стадію процесу уварювання утфелю здійснюють при температурі 65-68°C, щоб в'язкість міжкристалічного розчину була мінімальною.

б) Масова частка сухих речовин увареного утфелю повинна становити в межах 94-95%. Уварений утфель оцінюють з врахуванням його рухливості, що забезпечує нормальний спуск з апарату.

в) Уварювання при температурі 65-68°C можна забезпечити тільки при розрідженні в вакуум-апаратах не менше 0,085 МПа. Тому у ремонтний період повинна бути проведена ретельна герметизація повітряно-конденсаційної системи і виділений для уварювання утфелю II і III кристалізації окремий конденсатор.

3. Конструкторська частина

3.1. Аналіз вихідних даних на проектування автоматизованої системи дифузії та кристалізації цукру.

Аналізуючи стан автоматизованого виробництва на підприємстві і базового варіанту виробничої системи, можна спостерігати низький рівень автоматизації виробничих процесів виготовлення цукру [40, 45]. Висока зайнятість людських ресурсів призводить до того, що зменшується продуктивність виробництва, а також збільшується його трудомісткість.

Одним з найважливіших питань, які постають перед працівниками цукрової промисловості, є суттєве зниження втрат цукру а також підвищення ефективності цукрового виробництва. Розв'язок цього завдання безпосередньо пов'язаний з автоматизацією виробничих процесів та автоматизованим управлінням цими процесами.

Завданням даної кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої лінії процесу сокодобування та кристалізації. Модернізація полягає у запровадженні автоматичної системи керування даними процесами, а також у підключенні контролера процесу кристалізації цукру у вакуум-апаратах. Цей контролер дозволяє автоматично вести процес без участі оператора по заданих опорних значеннях параметрів процесу варіння цукру: рівня та в'язкості - у відсотках від максимальних значень.

Дане нововведення дозволить підвищити якість виготовлюваної продукції, зменшити людські ресурси, збільшити продуктивність лінії, а також забезпечить можливість підприємства задовільняти зростаючий попит на продукцію.

3.2 Підбір серійного обладнання для дифузії цукру.

При контакті води з буряковою стружкою в результаті дифузії утворюється дифузійний сік, який містить цукор і несахаристі речовини. Цей процес протікає в дифузійних установках.

На цукрових заводах експлуатуються різноманітні дифузійні установки. Дифузійні батареї періодичної дії не розглядаються, оскільки їх поступово замінюють на установки неперервної дії. На вітчизняних заводах найбільше розповсюдження отримали колонні (вертикальні) і шнекові дифузійні установки неперервної дії. Ротаційні установки в даний час залишилися на невеликій кількості заводів.

Дифузійні установки, бурякорізки і допоміжне обладнання утворюють бурякопереробне відділення.

До допоміжного обладнання бурякопереробного відділення відносяться пісковловлювачі, пульповловлювачі, водовідділювач, відстійник жомопресової води, підігрівачі, сульфитатори води, насоси і конвеєри.

3.2.1 Пісковловлювач ПЛ-У

Цей пісковловлювач (рис. 3.1) призначений для відділення піску та інших землястих сумішей від соку, отриманого в дифузійній установці КДА.

Він являє собою циліндричний корпус 2 з нижньою 1 і верхньою 3 конусними частинами. По дотичній до корпусу підведений патрубок 5, по якому всередину апарату входить дифузійний сік.

Завдяки відцентровій силі, що утворюється при такому підводі соку, пісок, більш важкий, ніж сік, відкидається до стінки, сповзає по ній в нижню конусну частину і через патрубок 6, в кінці якого встановлений вентиль, періодично видаляється з апарату. Сік піднімається вгору і через

патрубок 4 безперервно відводиться з апарату.

Місткість пісковловлювача $1,7 \text{ м}^3$, маса 700 кг.

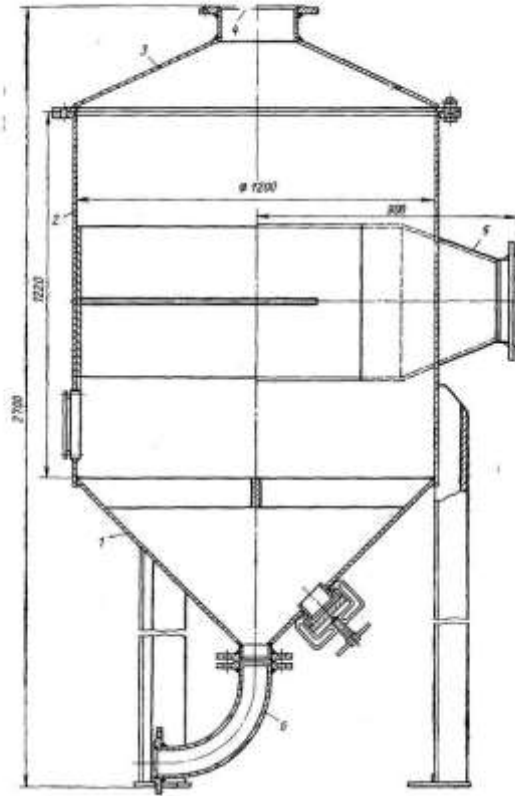


Рисунок 3.1 – Пісковловлювач.

3.2.2 Водовіддільник.

Водовіддільник зображений на рис. 3.2. Він призначений для попереднього відтискання і відділення води від жому, що виходить з колонного дифузійного апарату КДА. Апарат складається з двох частин – водовідділяючої і транспортуючої, об'єднаних в одному похилому закритому корпусі. Водовідділяюча частина має ситчасте дно 6 і розміщений під ним збірник 7 води.

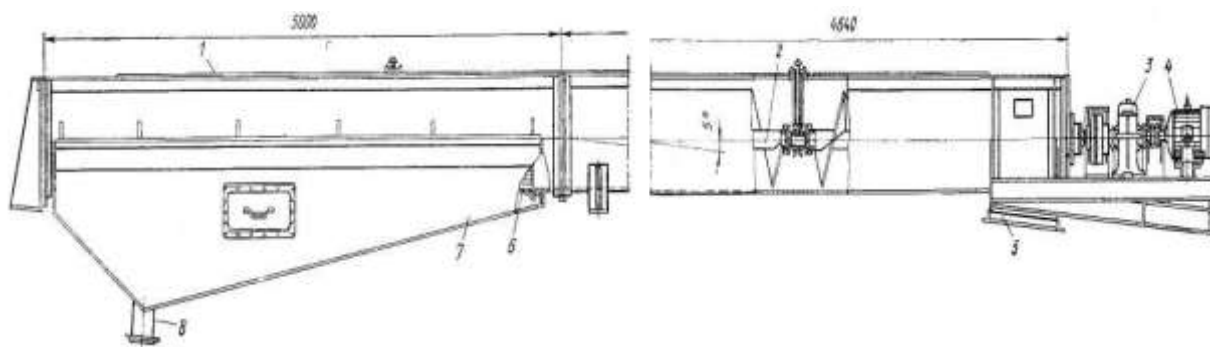


Рисунок 3.2 - Водовіддільник.

Жом з дифузійного апарату поступає в водовідділяючу частину апарату через отвір в кришці 1, підхоплюється розміщеним тут шнеком і передається в транспортуючу частину. При цьому частина води відтискається від жому, через ситчасте дно поступає в збірник 7, звідки виходить з апарату через патрубок 8.

В транспортуючій частині розташований шнек 2 (діаметр витків 700 мм, крок витків 480 мм), який з'єднаний з шнеком першої частини апарату і обертається з частотою $0,77 \text{ с}^{-1}$ (46,5 об/мин) від електродвигуна 4 потужністю 13 кВт через редуктор 3. З цієї частини вода, що відділилася, стікає по похилому дну у водовідділяючу частину, а жом через патрубок 5 виводиться з апарату.

Довжина апарату може змінюватись за рахунок зміни довжини транспортуючої частини. Маса водовіддільника - 4000 кг.

3.2.3 Відстійник.

Відстійник (рис. 3.3) призначений для остаточного очищення жомотресової води від залишків пульпи і витримки нагрітої води протягом деякого часу (близько 10 хв) для закінчення процесу її стерилізації перед подачею в дифузійну установку.

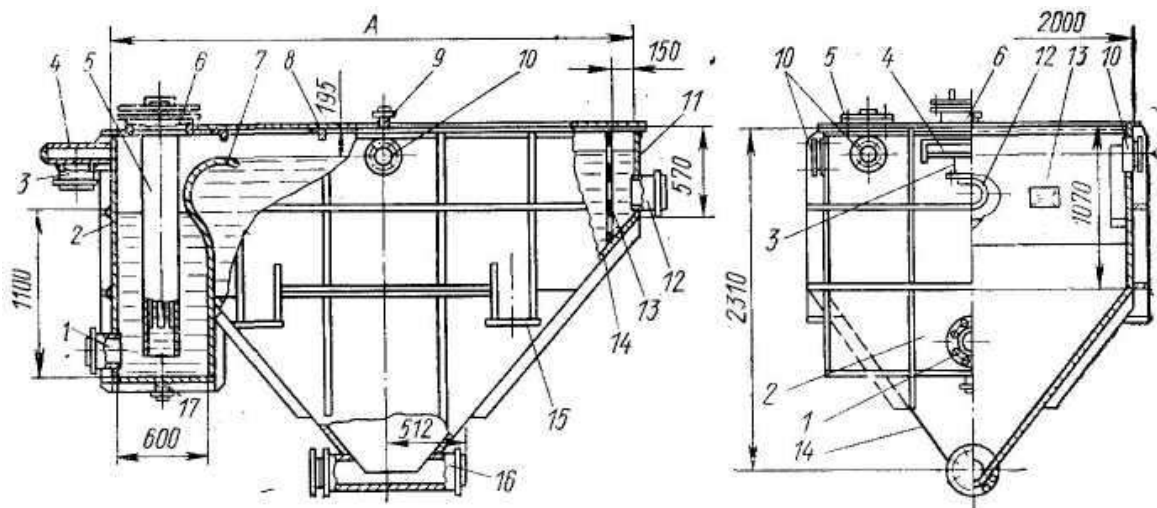


Рисунок 3.3 - Відстійник жомопресової води типу ОПВ.

Він являє собою прямокутний в плані корпус 11 з конічним днищем 14. В прямокутній частині перед патрубком 12 для входу жомопресової води встановлено сито 13 з комірками 12x12 мм Сито призначене для затримки великих предметів, для утворення спокійного дзеркала води і запобігання скаламутненню осаду в корпусі відстійника.

Пульпа осідає у відстійнику внизу, потрапляє в трубу 16 і віддаляється з відстійника. Обчищена вода через водозлив 7 потрапляє в збірник 2, з якого через патрубок 1 йде на виробництво. Можливий надлишок води може зливатися із збірника через камеру 4 і патрубок 3. Невелика кількість осаду, що випав в цьому збірнику, видаляється з нього через патрубок 17.

Для регулювання рівня води у відстійнику призначений рівнемір, поплавець якого розміщений в трубі 5. Пара, що виділяється з води, видаляється через патрубок 9 в кришці 8 відстійника. Для спостереження за роботою відстійника використовуються оглядові скельця 10. В кришці відстійника знаходиться люк 6. За допомогою лап 15 відстійник встановлюється на фундаменті.

В таблиці 3.1 наведені технічні характеристики відстійників.

Відстійник ОПВ-15/20 призначений для дифузійних установок потужністю 1,5 і 2 тис. т буряка в добу, ОПВ-25/30 – для установок потужністю 2,5 і 3 тис. т буряка в добу.

Таблиця 3.1.

Показники	Відстійник	
	ОПВ-15/20	ОПВ-25/30
Площа дзеркала води у відстійнику, м ²	5,6	8,6
Корисна місткість відстійника, м ³	7	11,4
Корисна місткість збірки, м ³	1,32	1,32
Ширина водозливу, мм	2000	2000
Глибина потоку на водозливі, мм	18-23	27-30
Швидкість потоку на водозливі, м/с	0,3	0,34
Довжина відстійника <i>A</i> , мм	3500	5590
Маса, кг	1900	2500

3.2.4 Ротаційний пульповловлювач.

Ротаційний пульповловлювач з горизонтальним циліндричним барабаном (рис. 3.4) призначений для виловлювання пульпи з дифузійного соку. Пульповловлювач ПР-15/20 застосовується з дифузійними установками потужністю 1,5 і 2 тис. т буряка в добу, пульповловлювач ПР-25/30 – з апаратами потужністю 2,5 і 3 тис. т буряка в добу.

Пульповловлювач ПР являє собою корито 6, в якому обертається барабан з отворами 5, що зверху накритий латунною сіткою. Ліва частина барабана (рис. 3.4, а) закрита, а права - відкрита. Відкрита сторона обертається в ущільнювачі з гуми.

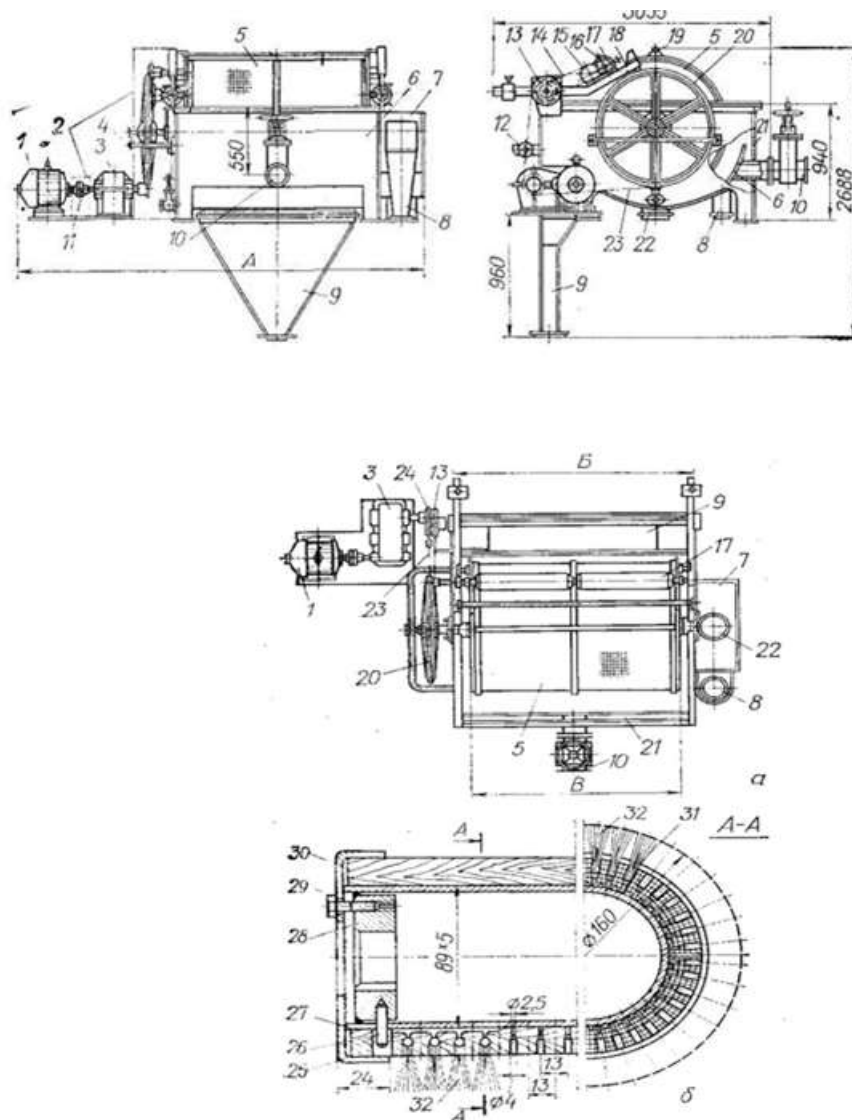


Рисунок 3.4 - Ротаційний пульповловлювач типу ПР.

Нефільтрований сік через патрубок 10 надходить в корито, та фільтрується через сітку і далі переливається через відкриту сторону барабана у приймач 7, потім через штуцер 22 – на виробництво. При зниженні продуктивності наступних станцій, рівень відфільтрованого соку в приймачі збільшується, а його надлишок переливається у патрубок 8.

Для належного функціонування, корито повинне бути заповнене на 75% своєї висоти. Надлишок нефільтрованого соку переливається за допомогою зливних вікон у відділенні 21, пізніше він повертається назад в дифузійну установку.

Пульпа, що затрималась сітці, очищається та засипається в бункер 9

при допомозі щіток 17, які обертаються від двигуна. Щітки прикріплені на основі 18 та разом з нею періодично струшуються при допомозі ролика 15 за рахунок набігання на нього смуги 19, що змонтована на сітці. За рахунок цього досягається очищення щіток від прилиплої пульпи.

Додаткова очистка сітки здійснюється самим дифузійним соком, що під тиском подається крізь отвори регенераційної труби 4, у внутрішню порожнину барабана.

Привід барабана здійснюється від електродвигуна 1 через редуктор 3 і ланцюгову передачу, що складається із зубчатих коліс 24 і 20 і ланцюга 23. Щітка обертається від того ж електродвигуна через ланцюг 23, зубчаті колеса 13 і 16 і ланцюг 14. Ланцюгова передача виконана з пластинчатих втулково-роликів ланцюгів, натягнення яких проводиться пристроєм 12. Зубчата передача і муфта 11 закриті кожухами 2.

Щітка (рис. 3.4, б) є трубою 27, закритою з торців кільцями 28, утримуваними штифтами 26. На трубу укладається дубова накладка 30, утримувана на трубі бортами кришки 25, закріпленої болтами 29 до кільця. В отвори накладки вставляються пучки 32 ворсу з перлонової нитки діаметром 1,2 мм. Знизу пучки стягнуті латунним дротом 31 діаметром 1,5 мм. Кінці цього дроту заломлені під накладку і, таким чином, утримують пучки в її отворах. Обертаючись, щітка очищає поверхню сітки барабана від пульпи.

3.2.5 Ротаційний пульповловлювач.

Ротаційний пульповловлювач типу ПП з пресом (рис. 3.5) призначений для очищення від пульпи жомопресової води. Пульповловлювач ПП-15/20 застосовується з дифузійною установкою потужністю 1,5 і 2 тис. т буряка в доба, а виловлювач ПП-25/30– з установкою потужністю 2,5 і 3 тис. т буряка в добу.

В корпусі 9 виловлювача повертається барабан з отворами 11, що покритий зсередини латунною сіткою. Барабан обидвома своїми сторонами опирається на дві пари роликів 17, що встановлені на двох

валах 16, які обертаються за рахунок підшипників 23.

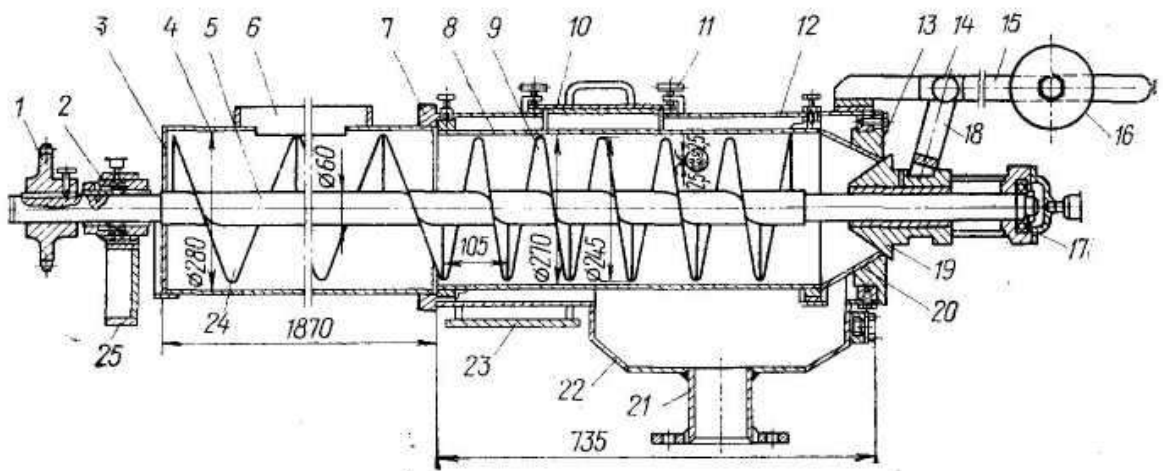


Рисунок 3.5 - Прес пульповловлювач ПП-15/20.

Один з валів приводиться в обертання електродвигуном 1 через редуктор 4. Другий вал обертається ланцюговою передачею, що складається з ланцюга 5, ведучої зірочки 18, встановленої на першому валу, і відомої зірочки 19, розташованої на другому валу. Натягнення ланцюга регулюється пристроєм 22.

Жомопресова вода з мезгою через патрубок 6 поступає всередину барабана, фільтрується через його сітку і виходить з патрубка 15 в дні корпусу пастки. Пульпа, що залишається на сітці, лопатками, розташованими усередині барабана, підіймається при обертанні барабана вгору і скидається в бункер 10 транспортуючого шнека 8, який подає її в шнековий прес 12.

Транспортний шнек та шнек пресу змонтовані на одному валі, що обертається за рахунок ланцюга 5 та зірочки 21. Відділена від пульпи вода, з пресу по трубі 14 подається в корпус пастки, у якій змішується з основною очищеною водою. Відтиснута пульпа через кільцевий отвір торці 13 преса виводиться із нього.

Очищення сітки здійснюється за допомогою пари під тиском 0,2–

0,25 МПа. Остання подається у два барботери 20, змонтовані в корпусі уловлювача, над барабаном. Привідна муфта 2 та ланцюгова передача закриті кожухом 3. Змащення підшипників здійснюється мастилом, яке подається тавотницями 7.

Прес пульповловлювача ПП-15/20 складається з двох циліндричних корпусів 4 (суцільного) та 5 (сітчатого), зєднаних фланцем 7. За допомогою опорам 25 і 23 прес прикріплюється до корпусу пульповловлювача.

Сітчастий корпус закритий кожухом 12, в якому виконаний люк, який закривається кришкою 10 з утримуючими гвинтами 11. З торців корпус 4 і кожух 12 закриті кришками 3 і 13. Усередині корпусів знаходиться вал 5.

В корпусі 4 на валі з кроком 205 мм закріплені спіралі 24 транспортного шнека, а в корпусі 8 на валі з кроком 105 мм – спіралі 9 пресуючого шнека. Вал змонтований на підшипниках 2 і 17 разом з зірочкою 1.

Пульпа подається в корпус 4 через бункер 6 і транспортним шнеком переміщається в перфорований корпус. Тут спіралями 9 від пульпи відділяється вода. Вона проходить через сито, накопичується в ємності 22 і через патрубок 21 видаляється з пресу.

Відтиснута пульпа переміщується до конуса 20 і виходить з пресу через кільцевий отвір, що утворився бічними поверхнями конуса та конічної пробки 19. Переміщуючи цю пробку вздовж вала 5 можна змінювати ширину кільцевого отвору, і, в результаті, степінь відтискування пульпи. Переміщення цієї пробки відбувається важелем 18, який повертається навколо шарнірного валу 14 важелем 15 з противагою 16.

Перед пуском пульповловлювача необхідно перевірити місця змащування всіх підшипників, що забезпечують обертання вузлів, та

переконатись у наявності в них відповідного мастила. Потім потрібно перевірити натяг ланцюгів, працездатність ущільнюючих кілець, спробувати вручну прокрутити муфту електродвигуна, переконатись в працездатності пристрою.

У процесі роботи пульповловлювача потрібно контролювати температуру підшипників та запобігати їх перегріву більше ніж на 50°C. Також не варто допускати попадання сторонніх предметів в робочу зону пульповловлювача. У процесі роботи пульповловлювача елементи обертового приводу мають бути надійно захищеними. Заборонено ремонтувати пульповловлювач під час його роботи.

3.3 Підбір серійного обладнання для кристалізації цукру.

3.3.1 Технологічні схеми кристалізації цукру.

Сахарозу у вигляді кристалів можна виділити тільки з пересиченого розчину. Початковим продуктом для такого пересиченого розчину є отриманий на випарній станції сироп, що пройшов сульфітацію і фільтрування.

Пересичений розчин одержують двома способами: видаленням води шляхом її випаровування, тобто збільшенням концентрації цукру в розчині, і охолодженням маси, що кристалізується, тобто зменшенням розчинності цукру в насиченому розчині при пониженні температури.

На цукрових заводах застосовують двох- або трьохкристалізаційні технологічні схеми.

Кристалізація I утфеля по обох схемах і II утфеля при трьохкристалізаційній схемі здійснюється тільки шляхом випаровування води парою у вакуум-апаратах під розрідженням для зниження температури кипіння розчину, що необхідно для запобігання розкладання цукру і більш повного проведення кристалізації.

Кристалізація II утфеля при двохкристалізаційній схемі і III утфеля при трьохкристалізаційній схемі здійснюється спочатку у вакуум-апаратах, а потім завершується в кристалізаторах (при охолоджуванні). В якості типової прийнята схема з трьома кристалізаціями і афінацією жовтого цукру третього утфеля.

3.3.2 Обладнання для варіння утфелів.

Груповий сепаратор.

Для остаточного відділення від утфельної пари крапель утфеля ця пара від кожної групи періодично діючих вакуум-апаратів (I, II і III утфеля) подається до групового сепаратора (рис. 3.6).

Він являє собою циліндричний корпус 5, розділений вертикальною перегородкою 4 на дві камери. В першу камеру по патрубку 2 надходить з вакуум-апаратів пара, що містить краплі утфелю. Тут перед перегородкою встановлені похилі полиці 3. Тут перед перегородкою встановлені похилі полиці 3.

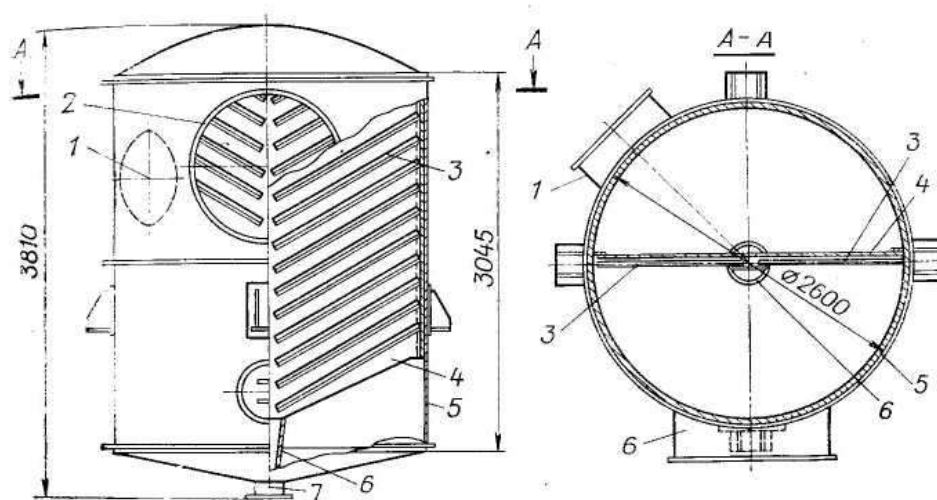


Рисунок 3.6 - Груповий сепаратор вакуум-апаратів.

Пара, вдаряючись до перегородки, омиває полиці, залишаючи на них частину утфелю, і подається в нижню частину корпусу. Тут вона різко змінює напрям свого руху, проходить під перегородкою в другу камеру, підіймається в ній вгору і виходить з сепаратора через патрубок 1. При зміні напрямку руху пари краплі утфелю, як більш важкі, не поступають в другу камеру, а відділяються від пари і разом з уловленим на полицях утфелем через лійку 6 виходять з сепаратора через патрубок 7.

Збірники для сиропу встановлюються перед вакуум-апаратами. Ці збірники являють собою прямокутні або циліндричні закриті ємності, на дні яких розташовуються гріючі елементи (в збірниках сиропу – змієвикові, в збірниках відтоків – барботерні) для нагріву рідини паром. Збірники обладнуються вимірювачами рівня та автоматичними регуляторами температури, вимірювальні перетворювачі яких встановлюються на щиті управління.

3.4 Контролер процесу кристалізації.

Контролер процесу кристалізації цукру у вакуум-апаратах КПКС.В5 виконує наступні операції:

- вимірювання параметрів процесу варіння цукру - рівня h і в'язкості μ - у відсотках від максимальних значень;
- автоматичне ведення процесу без участі оператора по заданих опорних значеннях параметрів h і μ ;
- включення зовнішньої та вмонтованої сигналізації в точках процесу, що вимагають втручання оператора - при заведенні пудри і наприкінці процесу;
- виявлення аварійних ситуацій у керуванні процесом, супроводжуваних вмонтованою звуковою і світловою сигналізаціями;

3.4.1 Режими роботи контролера.

Контролер має два основних режими роботи - ручний і автоматичний. У ручному режиму роботи (тумблер "ручн/авт" у положенні "ручн", світлодіод над тумблером не горить) на індикатор виводяться поточні значення параметрів процесу, а керування процесом здійснює оператор за допомогою тумблера "ІМ".

У верхньому положенні клапан відкритий, у нижньому - закритий. Стан клапана індикується світлодіодом над тумблером. У ручному режимі жодний світлодіод на мнемограмі не горить. Варто звернути увагу на те, що в ручному режимі тумблер "ІМ" функціонує навіть при виключеному живленні контролера.

В автоматичному режимі роботи (тумблер "ручн/авт" у положенні "авт", світлодіод над тумблером горить) поточні значення також виводяться на індикатори, а керування процесом здійснює контролер.

Алгоритм роботи залежить від стану контролера. Далі описуються алгоритми роботи у всіх станах, умови переходу в інший стан, виконувані при цьому дії і відповідні стани світлодіодів мнемограми (рис. 3.7). Світлодіоди умовно пронумеруємо від 1 (нижній на мнемограмі) до 7 (верхній).

Стан 1. Контролер індикує свою готовність до автоматичної роботи мигаючим світлодіодом 1. Клапан закритий і очікується набір сиропу. При натисканні оператором кнопки "набір" контролер переходить в стан 2.

Стан 2. Горить світлодіод 1, клапан відкритий. Перехід у наступний стан відбувається при досягненні рівня сиропу в апараті значення h1 (набір до покриття сиропом виварної камери).

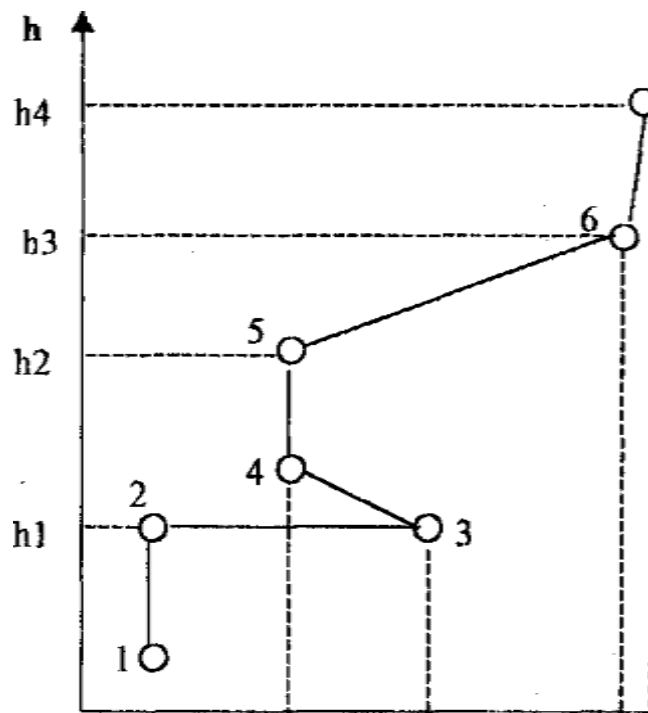


Рисунок 3.7 – Мнемограма.

Стан 3. Горять світлодіоди 1 і 2. Контролер підтримує рівень сиропу в апараті рівним h_1 , нарощуючи в'язкість μ . При досягненні в'язкістю значення μ_1 (заведення пудри, проба «на волосок») включається вбудована звукова сигналізація і зовнішня сигналізація (неперервний сигнал) і контролер переходить в стан 4.

Стан 4. Світлодіоди 1 і 2 горять постійно, світлодіод 3 мигає. Контролер підтримує рівень сиропу рівним h_1 . Оператор повинен завести пудру, дочекатись «висипання» кристалу, а потім натиснути кнопку «підкачка». Перехід у наступний стан відбувається при натисканні оператором кнопки "підкачка".

Стан 5. Горять світлодіоди 1 - 3. Клапан відкритий безперервно (глибока підкачка). При зниженні в'язкості до значення μ_2 контролер переходить у стан 6.

Стан 6. Горять світлодіоди 1-4. Контролер підтримує в'язкість на рівні μ_2 нарощуючи рівень утфеля в апараті («витримка» чи «закріплення» кристалу). Як тільки рівень утфеля досягає h_2 , контролер переходить у

стан 7.

Стан 7. Горять світлодіоди 1-5. Контролер нарощує одночасно рівень утфеля і його в'язкість, притримуючись прямолінійної ділянки характеристики, що з'єднує точки (μ_2 , h_2) і (μ_3 , h_3) («ріст кристалу»). Перехід у наступний стан відбувається, якщо рівень утфеля перевищив h_3 і в'язкість стала більше μ_3 .

Стан 8. Горять світлодіоди 1 - 6. Контролер нарощує одночасно рівень утфеля і його в'язкість, притримуючись прямолінійної ділянки характеристики, що з'єднує точки (μ_3 , h_3) і (μ_4 , h_4). Цей стан як правило відповідає переведенню апарату на «білу» патоку, але не обов'язково. Перехід у наступний стан відбувається, якщо рівень утфелю перевищив h_4 і в'язкість стала більше μ_4 . При заданні $\mu_4 = \mu_3 + 1$ в'язкість утфеля залишається практично незмінною і нарощується його маса. У цьому випадку контролер переходить у стан 9, якщо рівень перевищив h_4 .

Стан 9. Процес варіння цукру завершений. Клапан закритий («стяжка» апарату). На мнемограмі горять світлодіоди 1 - 6, світлодіод 7 мигає. При цьому включена вбудована звукова сигналізація і зовнішня сигналізація (переривчастий сигнал).

Для скидання і підготовки контролера до нового технологічного циклу необхідно натиснути одночасно кнопки " +" і " - ". При цьому контролер переходить у початковий стан 1. Скидання контролера можна робити з любого стану. Також можливий перевід контролера в ручний режим, ведення процесу вручну, а потім продовження процесу в автоматичному режимі.

Після повернення в автоматичний режим контролер повертається у той же стан, із якого він був переведений у ручний режим. У даному випадку необхідно врахувати, що якщо переведення контролера в ручний режим було зроблено до глибокої підкачки, а переведення в автоматичний

режим після, і контролер не вийшов на потрібну ділянку робочої характеристики, то потрібно натиснути кнопку "підкачка". Аналогічно, якщо контролер був скинутий у 1-і стан у середині процесу, то для виводу його на потрібну ділянку робочої характеристики потрібно натиснути кнопку "набір", а якщо вже була зроблена і підкачка, то натиснути кнопку "підкачка".

Відключення вбудованої звукової сигналізації і зовнішньої сигналізації здійснюється одночасно кнопкою "вимкн. звук".

Значення входів поновляються кожні 4 секунди. При включенні на індикацію виводяться нулі (не є помилковим виміром).

3.4.2 Встановлення опорних параметрів.

Встановлення параметрів h_1 , h_2 , h_3 , h_4 , μ_1 , μ_2 , μ_3 , μ_4 здійснюється в режимі введення завдання. Для цього контролер переводиться в ручний режим, тому що в автоматичному режимі кнопки "+", "-", "ВВІД" не обслуговуються, тобто параметри можна тільки переглянути. Далі при натисканні кнопки "Завдання" контролер переводиться в режим встановлення опорних параметрів.

В режимі завдання світлодіоди мнемोगрами показують положення параметру, що коректується, на робочій характеристиці, а на індикатор виводиться його значення - висоти в позиції h , в'язкості в позиції μ . Кнопка " + " збільшує значення параметру, що коректується, а кнопка " - " зменшує на одиницю.

Вибір параметру, що коректується, відбувається за допомогою кнопки "вибір" послідовно по колу від h_1 до h_4 , а потім від μ_1 до μ_4 , далі на індикатор виводиться значення порогу позаштатної ситуації (при цьому мигають усі світлодіоди мнемोगрами) і потім знову h_1 .

Відкоректоване значення запам'ятовується тільки при натисканні

кнопки "ВВІД". Для виходу з режиму завдання потрібно ще раз натиснути кнопку "завдання".

При встановленні опорних параметрів на їхні значення накладаються наступні обмеження:

1) $10\% < h1 < h2 < h3 < h4 < 100\%$;

2) $10\% < \mu2 < \min(\mu1, \mu3)$;

3) $\mu2 < \mu1 < 100\%$;

4) $\mu2 < \mu3 < 100\%$.

5) $\mu3 < \mu4 < 100\%$.

Опорні параметри виставляються самим апаратником за результатами попереднього варіння. Рекомендується спочатку зварити кілька апаратів вручну, зауважуючи опорні точки по показах індикатора, а потім ввести параметри найбільш вдалої варіння в пам'ять контролера.

Параметр $h1$ встановлюється з таким розрахунком, щоб при наборі сироп покрив виварну камеру на 5-10 см.

Дуже важливим моментом є - який кристал буде в апараті після «закріплення», тобто в точці 5. Якщо кристал буде «слабким» можливе висипання «муки». При правильно вибраних параметрах $\mu2$ і $h2$ це не відбувається. $\mu2$ виставляється таким чином, щоб утворений кристал «закріплювався», а новий не «висипався». $h2$ виставляється з таким розрахунком, щоб кристал до початку варіння встиг «закріпитися».

Змінюючи параметри точки 6 на мнемограмі, можна здійснити варіння у в «рідкій» або «густій» пробі.

Збільшуючи $h3$ (висоту точки 6) або (і) зменшуючи $\mu3$ (в'язкість точки 6) добиваються варіння в «рідкій» пробі, зменшуючи $h3$ або (і) збільшуючи $\mu3$ добиваються варіння в «густій» пробі. Варіння в «рідкій» пробі значно скорочує час варіння, тобто процес перемішування утфеля відбувається більш інтенсивно, що збільшує тепловіддачу виварної камери і прискорює процес росту кристалу.

Варіння в «густій» пробі більш безпечно при порушеннях технологічного режиму (наприклад зникнення вакууму або недогріві збірників сиропу) і менший ризик висипання кристалічного «борошна», але сильно збільшує час варіння.

3.4.3 Виявлення аварійних ситуацій.

Нормальним протіканням процесу є тільки дві ситуації:

I. Клапан відкритий, h росте, μ падає.

II. Клапан закритий, h падає, μ росте.

При виявленні відхилення процесу варіння від заданого на величину порогу позаштатної ситуації, контролер сповіщає про аварійну ситуацію. У цьому випадку включаються часті (0.5Гц) гудки (вбудована звукова сигналізація) і починає мигати панель "позаштатна ситуація".

При відновленні нормального плину процесу вся сигналізація відключається. Однак варто помітити, що при виявленні позаштатної ситуації виконавчий механізм відключається і не обслуговується. В цьому випадку необхідне втручання оператора для усунення причини, що викликала нештатну ситуацію. Для цього контролер переводиться в ручний режим, при цьому сигналізація відключається.

Також аварійна сигналізація відключається при скиданні контролера в стан 1. При відновленні нормального плину процесу контролер знову переводиться в автоматичний режим.

Встановлення порогу позаштатної ситуації відбувається аналогічно встановленню опорних параметрів варіння. Поріг вимірюється в тих самих величинах, що h і μ , і встановлює максимально допустиме відхилення реального варіння від заданого процесу. Діапазон зміни порогу 0-20. При встановленні порогу нештатної ситуації рівним 0, сигналізація не включається зовсім.

Не рекомендується встановлювати занадто мале значення порогу,

оскільки це приводить до спрацьовування позаштатної ситуації по несуттєвих причинах. Рекомендоване значення - 10-20. Найчастіше позаштатна ситуація спрацьовує після сильного «розгойдування» апарату при промиванні «муки».

Виявлення аварійних ситуацій відбувається тільки в автоматичному режимі в станах 1-9.

3.4.4 Технічні характеристики контролера.

Технічні характеристики контролера подані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики контролера.

	Назва параметра	Величина
1	Напруга живлення, В	230, 50 Гц
2	Споживана потужність, Вт, не більше	22
3	Номинальний діапазон струму вхідних кіл, mA	0 - 5
4	Граничний струм вхідних кіл, mA, не більше	50
5	Вимірювальний опір вхідного кола, Ом	51
6	Максимальна напруга у вихідному колі, В	36
7	Максимальний струм у вихідному колі, А	0.5
8	Діапазон робочих температур, °C (вологість 90%)	-5...+60
9	Максимальне відхилення вимірюваного значення при міжканальному впливі підведеним до входів контролера, %, не більше	1
10	Опір ізоляції, МОм, не менше	200

Контролер забезпечує:

- вимірювання та індикацію параметрів процесу варіння цукру - рівня h і в'язкості μ – у відсотках від максимальних значень;
- автоматичне ведення процесу без участі оператора по заданих

опорних значеннях параметрів h і μ ;

- підключення зовнішньої та вбудованої сигналізації в точках процесу, в яких потрібне втручання оператора - при заведенні пудри і наприкінці процесу;

- виявлення аварійних ситуацій при керуванні процесом, які супроводжуються вбудованою звуковою і світловою сигналізаціями;

- обмін із зовнішньою ЕОМ по послідовному каналі зв'язку з передачею повної інформації про стан процесу варіння, поточні параметри h і μ , а також про контролер.

3.4.5 Будова та принцип роботи контролера.

До складу контролера входять наступні конструктивні блоки: плата процесора, плата блоку живлення і силових ключів, лицева панель, задня панель із платою вхідних фільтрів. Усі блоки змонтовані на сталюму шасі і з'єднані між собою провідниковим джгутом методом пайки.

Роботою всіх блоків контролера керує мікропроцесор, реалізований на базі однокристальної мікроЕОМ AT89S53 фірми "Atmel". Мікропроцесор виконаний по CMOS технології з малим енергоспоживанням. Це дозволяє при виявленні аварійної ситуації (наприклад, зниження напруги мережі нижче допустимого значення) коректним чином припинити роботу контролера і видати відповідне повідомлення на табло індикації.

Крім того, контролер здійснює самодіагностику після включення. Перелік повідомлень системи самодіагностики наведений у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Символ	Причина аварії	Методи виправлення
Е	Дані ПЗУ неправильні (помилка контрольної суми)	Замінити ПЗУ
С	Входи не відкалібровані зовсім (неправильне калібрування, не діагностується!!!)	Відкалібрувати входи
Р	Виявлено помилку опорних параметрів (один з параметрів з якоїсь причини вийшов за допустимі межі)	Вимкнути і увімкнути живлення. Опорні параметри будуть проініціалізовані. При необхідності відкоригувати їх.
U,O	Відбувся збій процесора	Вимкнути і увімкнути живлення.
8	Зниження напруги мережі нижче 187В	

3.4.6 Система тестування контролера.

Повна програма містить робочу програму і програму тестів. Переключення на програму тестів здійснюється замиканням на платі процесора контактів джампера J1. Тести переключаються скиданням процесора. Для цього необхідно короткочасно замкнути на платі процесора контакти J2, або короткочасно виключити і включити живлення контролера кнопкою “мережа”.

1. Тест динаміка. Інвертується лінія керування динаміком з частотою 500 Гц, і видає звуковий сигнал.

2. Тест вихідних ключів. На індикатор виводиться '0'. Інвертуються лінії керування вихідними ключами з частотою близько 1 Гц. Світлодіод "ІМ" мигає.

3. Простий тест каналу. На індикатор виводиться 'с'. У простому циклі інвертується вихід TxD з частотою 600 Гц. Закорочуються контакти "вхід" і "вихід" на роз'ємі послідовного каналу "стик С2". Якщо все нормально, то на виводі 11 DD8 встановлюється логічний нуль. Якщо дані не проходять, то на виводі 11 DD8 формується меандр із частотою 600 Гц.

4. Повний тест каналу. На індикатор виводиться 'с'. Канал програмується на швидкість 1200 Бод, 8 біт даних, один стоп біт. Закорочуються контакти "вхід" і "вихід" на роз'ємі послідовного каналу. Якщо все нормально, то на лінії процесора AD2, виводі 13 DD8 - короткі імпульси позитивної полярності з частотою 120 Гц ($1200/(1+8+1)$) і дані на передачі постійно змінюються. Якщо прийом відсутній, то на лінії процесора AD2 - постійна одиниця, а передані дані не змінюються, причому їх розділяють паузи (приблизно 1.25 мс). Якщо йде прийом з помилками, то на лінії процесора AD2 - логічна одиниця з короткими пропусками в нуль, дані на передачі змінюються.

5. Тест кнопок і індикації.

Світлодіодний індикатор не світиться, світлодіод «ІМ» не горить (якщо тумблер "Ручн/Авт" у положенні "Авт"). При переведенні тумблера "Ручн/Авт" у положення "Ручн" стан світлодіода повинен відповідати положенню тумблера «ІМ» (а також повинен працювати вихідний ключ 1). При перевірці кнопок тумблер "Ручн/Авт" переводиться в положення "Авт". При натисканні на кнопки загораються відповідні сегменти індикаторів, світлодіоди мнемोगрами і панелі "Позаштатна ситуація".

6. Простий тест EEPROM. На індикатор виводиться 'b' у динаміку. Після натискання кнопки "Підкачування" запускається тест. У простому циклі в усі комірки послідовно прописуються 0x5555 і 0xAAAA з наступною верифікацією. Адреса індикується на місці М, дані на місці Н. У випадку помилки тест зупиняється на тій адресі і на тих даних, при яких відбулася помилка. Тест продовжується при натисканні кнопки

"Підкачування".

7. Повний тест EEPROM. На індикатор виводиться 'F' у динаміку. Після натискання кнопки «Підкачування» запускається тест. У тесті реалізується спочатку біжучий нуль по всій пам'яті, а потім біжуча одиниця по всій пам'яті. Адреса, в якій він знаходиться, індикується на місці Н. Номер біта в слові індикується в двійковому коді світлодіодами мнемोगрами. На місці М в момент прописування пам'яті виводиться "-", а в момент читання - адреса слова, що читається. У випадку помилки тест зупиняється, і відновляється після натискання кнопки «Підкачування». Повний тест займає кілька хвилин.

8. Тестовий запис у EEPROM. У динаміку виводиться 'u'. Після натискання кнопки "Підкачування" переривання забороняється, 'u' залишається горіти в статиці та у простому циклі вся пам'ять прописується 0xFFFF.

9. Тестове читання EEPROM. На індикатор виводиться 'r' в статиці. У простому циклі читається послідовно вся пам'ять.

10. Тест входу Н. На індикатор виводиться 'H' і тризначне шістнадцяткове вимірюване значення по входу Н приблизно через 4с (тривалість циклу вимірювання). Для балансування поглинання синфазної перешкоди потрібно закоротити вхід Н, записати значення, що встановилось, а потім, подавши між входами постійну напругу 24 В, домогтися того ж значення з відхиленням $\pm 1\%$ підбором одного з балансувальних резисторів у каналі. Після цього варто перевірити покази при зворотній полярності і, якщо похибка не перевищує 1%, зняти постійну напругу.

Для градуювання нуля потрібно закоротити вхід (подати нульовий вхідний струм) і натиснути кнопку "Набір". На старшому індикаторі з'явиться 'L' і вимірюване значення, що відповідає нульовому вхідному струму, запишеться в EEPROM. Для градуювання максимуму потрібно

подати на вхід струм 5mA і натиснути кнопку "Підкачування". На старшому індикаторі з'явиться 'L' і вимірюване значення, що відповідає вхідному струму 5mA, запишеться в EEPROM.

11. Тест входу М. На індикатор виводиться пробіл і тризначне шестнадцяткове вимірюване значення по входу М з циклом приблизно 4с (тривалість виміру).

Для балансування поглинання синфазної перешкоди потрібно закоротити вхід М, записати стає значення, а потім, подавши між входами постійну напругу 100В, домогтися того ж значення з відхиленням $\pm 1\%$ підбором одного з балансувальних резисторів у каналі. Після цього потрібно перевірити покази при зворотній полярності і, якщо похибка не перевищує 1 %, зняти постійну напругу.

Для градуювання нуля потрібно закоротити вхід (подати нульовий вхідний струм) і натиснути кнопку "Набір". на старшому індикаторі з'явиться 'L' і вимірюване значення, що відповідає нульовому вхідному струму, запишеться в EEPROM. Для градуювання максимуму потрібно подати на вхід струм 5mA і натиснути кнопку "Підкачування". На старшому індикаторі з'явиться 'L' і вимірюване значення, що відповідає вхідному струму 5mA, запишеться в EEPROM.

3.4.7 Захист контролера по входу.

На рисунку 3.8 приведена схема одного каналу плати вхідних фільтрів.

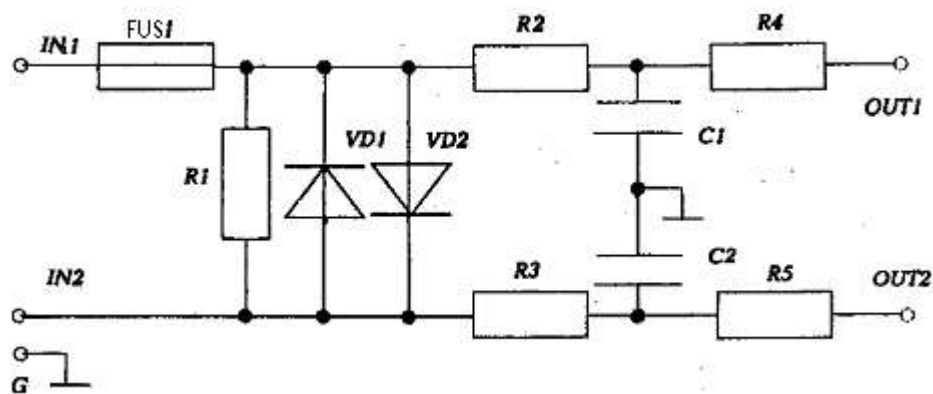


Рис. 3.8.

Зі збільшенням вхідної напруги більше 0,5 В, у залежності від полярності, відкривається один з діодів VD1 чи VD2. Таким чином напруга, яка подається на вхід АЦП обмежується величиною 0,5В. Крім того, при перевищенні вхідного струму до значення 0,5А виходить з ладу запобіжник FUS1. Якщо це відбулося, необхідно замінити його на запобіжник відповідного номіналу.

3.5 Розроблення електромагнітного витратоміра.

Електромагнітний витратомір призначений для вимірювання об'ємної витрати вибухобезпечних рідких середовищ з обмеженою електричною провідністю від 10^{-3} до 10с/м.

Витратомір складається з перетворювача витрати ПР і вимірювального приладу ВП-51. Витратомір має вихід постійного струму 0-5 мА, який відповідає миттєвій витраті вимірюваного середовища.

Для визначення сумарної об'ємної кількості вимірюваного середовища витратомір може постачатися в комплекті з інтегратором С-ІМ.

По стійкості до впливу температури і вологості навколишнього середовища у відповідності до ДСТУ, перетворювач витрати відноситься до групи С4, а вимірювальний пристрій – до групи В4.

3.5.1. Технічні характеристики витратоміра.

1. Витратомір, в залежності від використовуваного перетворювача витрати, може мати границі вимірювання наведені в таблиці 3.4.

2. Клас точності витратоміра по виходу струму - 1,0.

3. Додаткова похибка витратоміра, викликана зміною температури оточуючого вимірювальний пристрій повітря: в межах від 5 до 50°C, не перевищує 0,3% на кожні 10°C зміни температури від 20°C.

4. При відхиленні напруги живлення: від 230 В на $\begin{matrix} +10 \\ -15 \end{matrix}$ %, частоти живлення від 50 Гц на $\pm 2\%$, при зміні граничної електричної провідності вимірюваного середовища від 10^{-3} до 10с/м похибка витратоміра не виходить за межі класу.

5. Живлення витратоміра здійснюється від кола змінного струму напругою 230 В частотою 50 Гц.

6. Характеристики, які визначають стійкість перетворювача витратоміра до параметрів вимірюваного середовища, наведені в таблиці 3.5.

7. Час встановлення робочого режиму - 1 год.

8. Витратомір допускає цілодобову роботу.
9. Потужність, використовувана вимірювальним пристроєм - не більше 15 ВА.
10. Опір ізоляції електродів і покриття труби перетворювача витрати відносно корпусу і кола живлення при сухій і чистій поверхні не - менше 100МОм.
11. Опір ізоляції силових електричних кіл витратоміра відносно корпусу при температурі навколишнього повітря (20 ± 5) °С і відносній вологості не більше 80% - не менше 40Ом.
12. Мікроамперметр забезпечує встановлення нуля витратоміра з похибкою не більше 0,1% від максимального значення вихідного струму 5мА і допускає оцінку значення витрати з похибкою не більше 4% від верхньої границі вимірювання витрати.

Таблиця 3.4.

Умовне позначення перетворювача витрати	Верхні границі швидкостей потоку вимірюваного середовища, м/с									
	1,25	1,60	2,00	2,50	3,20	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00
	Верхні границі вимірювання, м ³ /год									
ПР-10	0,32	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,25	1,60	2,00	2,50
ПР-15	0,80	1,00	1,25	1,60	2,00	2,50	3,20	4,00	5,00	6,00
ПР-25	2,00	2,50	3,20	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,50	16,00
ПР-50	8,00	10,00	12,50	16,00	20,00	25,00	32,00	40,00	50,00	60,00
ПР-80	20,00	25,00	32,00	40,00	50,00	60,00	80,00	100,0	125,0	160,0
ПР-100	32,00	40,00	50,00	60,00	80,00	100,0	125,0	160,0	200,0	250,0
ПР-150	80,00	100,0	125,0	160,0	200,0	250,0	320,0	400,0	500,0	600,0
ПР-200	125,0	160,0	200,0	250,0	320,0	400,0	500,0	600,0	800,0	1000
ПР-300	320,0	400,0	500,0	600,0	800,0	1000				

Таблиця 3.5

Матеріал покриття перетво- рювача витрати і умовне позначення покриття	Стійкість покриття перетво- рювача витрати	Матеріали електродів і труби перетво- рювача витрати	Макс. температу- ра вимірюва- ного середовища , °C	Макс. тиск вимірю- ваного середо- вища, МПа	Захищу- ність труби перетво- рювача витрати покриттям	Перетво- рювачі витрати, що виго- товля- ються
Поліуретан (П)	Неагре- сивні сильно абразив- ні рідини і пульпи	12X18НІОТ	50	2,5	Захищена по всій довжині труби	ПР- 10...300
Емаль (Е)	Кислоти (крім пла- викової)	12X18НІОТ	150	2,5	Захищена до краю фланця	ПР- 10...1000

3.5.2 Принцип роботи витратоміра.

Опис схеми витратоміра.

Один з електродів має два виводи, замкнуті через резистори R1 і R3 на низькоомний потенціометр R2. Переміщуючи бігунець останнього, досягають попередньої компенсації трансформаторної ЕРС. По екранованому кабелю вимірюваний сигнал поступає через трансформатор Tr1 на вхід підсилювача У1. Його вторинна обмотка настроєна конденсатором на резонансну частоту 50 Гц.

Після підсилювача У1 є два паралельних канали. Вони складаються із демодулюючих пристроїв Д1 і Д2, підсилювачів У2 і У3, а також модуляторів М1 і М2.

Канал Д1-М1 служить для вимірювання корисного сигналу, а канал Д2-М2 для остаточної компенсації трансформаторної ЕРС. В останньому керуюча напруга зміщена по фазі на 90° по відношенню до останнього сигналу, що забезпечує виділення постійної напруги, пропорційної трансформаторній ЕРС.

Модулятори М1 та М2 мають елементи Холла ЕХ, які перетворюють поступаючу на них постійну напругу на змінну. Один з елементів компенсує вимірюваний сигнал, а інший трансформаторну ЕРС. Вихідні кола обох елементів Холла включені послідовно, і обидві компенсовані напруги поступають на первинну обмотку трансформатора зворотного зв'язку Tr2.

Вимірюваний сигнал витратоміра – постійний струм 0-5мА, що утворюються на виході підсилювача У3. Для його вимірювання служить міліамперметр А. Основна приведена похибка витратоміра по струмовому вхідному сигналу $\pm 1\%$.

Підключення навантаження.

Наявність вихідного сигналу постійного струму 0-5 мА дозволяє підключати до вимірювального пристрою блоки, які мають відповідний вхід, інтегратор С-ІМ, міліамперметри з верхньою границею вимірювання 5 мА, вольтметри і реєструючі прилади.

Ці пристрої можуть знаходитися на відстані одного кілометра від вимірювального пристрою. В лінію навантаження можуть бути включені послідовно один чи декілька перелічених приладів при умові, що їх сумарний опір, включаючи опір лінії зв'язку, не перевищує 2,5 кОм.

При використанні вольтметрів величина калібрового опору $R_{\text{кал}}$, визначається за формулою:

$$R_{\text{кал}} = \frac{U_{\text{в}}}{5 - \frac{U_{\text{в}}}{R}} (\text{Ом})$$

де $U_{\text{в}}$ – верхня границя вимірювання вольтметра, мВ;

R – вхідний опір вольтметра, Ом.

Для потенціометра ця формула матиме вигляд:

$$R_{\text{кал}} = \frac{U_{\text{в}}}{5} (\text{Ом})$$

де $U_{\text{в}}$ – верхня границя вимірювання потенціометра, мВ.

3.5.3 Підготовка витратоміра до роботи.

Перевірити правильність монтажу електричних ліній, впевнитися в працездатності витратоміра. Для цього:

- заповнити перетворювач витрати нерухомим вимірювальним середовищем;
- ретельно виставити нуль мікроамперметра;
- увімкнути живлення і дати витримку 5 хвилин;
- провести встановлення нуля витратоміра;
- увімкнути витрату і переконатися, що стрілка мікроамперметра

відхиляється вправо. При лівому відхиленні зняти напругу живлення і поміняти місцями провідники живлення перетворювача витрати.

Після перевірки працездатності витратоміра можна переходити до точного встановлення нуля. Для цього:

- залишити витратомір на 12 годин в увімкненому стані;
- дати номінальну витрату на 15 хвилин;
- довести витрату до нуля і на протязі однієї хвилини повторити грубе встановлення нуля і при натисненій кнопці перемикача “нуль точно” провести точне встановлення нуля змінним резистором.

Останню операцію провести з відхиленням стрілки від нульової позначки не більше однієї поділки шкали. Тепер витратомір підготовлений до роботи.

3.5.4 Опис робочого режиму витратоміра.

Під час експлуатації необхідно періодично перевіряти нуль витратоміра, бажано раз на добу. Однак така необхідність залежить від конкретних умов користувача, останній може визначити інший час.

Визначення величини витрати здійснюється по вхідному струму витратоміра або по мікроамперметру.

При визначенні величини витрати необхідно враховувати, що вихідному струму 5мА відповідає верхня границя вимірювань витрати.

Перевірку витратоміра проводиться один раз на рік і у випадку, якщо його покази викликають сумніви в справній роботі самого витратоміра, здійснюється його налагодження:

1. Підключити в коло струмового виходу міліамперметр класу точності не менше 0,2.
2. Провести електричний монтаж витратоміра.
3. Розімкнути коло зворотного зв'язку квадратурного каналу, для цього відпаяти перемичку між клемами 2 і 12 в розетці роз'єму X3.

4. До контрольної клеми 15 роз'єму Х3 і клеми 16 підключити осцилограф.
5. Включити і прогріти витратомір на протязі 1 год.
6. Розімкнути коло зворотного зв'язку основного каналу, для чого необхідно розімкнути зовнішнє коло струмового виходу.
7. Встановити механічний нуль мікроамперметра і міліамперметра.
8. Спостерігаючи за сигналом на екрані осцилографа, довести його до мінімуму за допомогою змінних резисторів R10 і R4 методом послідовних наближень. При цьому може знадобитися тимчасове зниження коефіцієнта підсилення підсилювача за допомогою змінного резистора R7.
9. Дати невелику витрату. Резистором R7 зменшити коефіцієнт підсилення підсилювача так, щоб не було викривлення синусоїди на екрані осцилографа.
10. Підключити осцилограф із симетричним відкритим входом до контрольних клем.
11. За допомогою змінного резистора R17 налаштувати фазу живильної напруги на детектори так, щоб отримати симетричну картину сигналу.
12. Переключити осцилограф до клем "01" і "02" на платі детектора квадратурного каналу і впевнитися, що детектор працює справно.
13. Поставити резистор R7 в положення максимального підсилення, відключити осцилограф від клем детекторів і зняти витрату.
14. Замкнути коло зворотного зв'язку основного каналу (клеми 5, 14 роз'єму Х3). Переконатися по осцилографу, підключеного до клеми 15 роз'єму Х3 і клеми 4 роз'єму Х4, що форма сигналу і його величини не змінилися і стрілка міліамперметра знаходиться близько до нуля.

Підкорегувати нуль за допомогою резистора R10.

15. Дати витрату, що відповідає приблизно 100% заданої витрати.

16. Змінним резистором R9 встановити стрілку міліамперметра приблизно на 5 мА.

17. Змінним резистором R5 підібрати фазу компенсаційного сигналу, добившись мінімуму сигналу на екрані осцилографа. Якщо не вдається чітко проходження мінімуму, то необхідно видалити трансформатор зворотного зв'язку (T1) із екранів і замінити значення ємності C1.

18. Повторити операції 6 та 8 і замкнути коло зворотного зв'язку.

4 Науково-дослідна частина.

Аналіз варіантів компоувальних схем автоматизованої виробничої системи та їх продуктивності.

4.1 Аналіз варіантів компоувальних схем автоматизованої виробничої системи.

З приведених нижче варіантів компонок автоматизованої виробничої системи виберемо компоновку яка найбільше підходить для даного типу виробництва. Розрахуємо продуктивність варіантів автоматизованих виробничих систем і здійснимо їх оцінку з позиції теорії надійності.

Розглянемо компоновки для процесу сокодобування:

ВАРІАНТ КОМПОНОВКИ – 1.

1. Прийом бурякової стружки;
2. Дифузійна установка типу С-17М;
3. Пісковловлювач ПЛ-У;
3. Водовідділювач ВО;
4. Відстійник ОПВ;
5. Ротаційний пульповловлювач ПР;

ВАРІАНТ КОМПОНОВКИ – 2.

1. Прийом бурякової стружки;
2. Дифузійна установка типу ПДС-20;
3. Пісковловлювач ПЛ-У;
4. Водовідділювач ВО;
5. Відстійник ОПВ;
6. Ротаційний пульповловлювач ПП;

ВАРІАНТ КОМПОНОВКИ –3.

1. Прийом бурякової стружки;
2. Дифузійна установка типу КДА;
3. Пісковловлювач ПЛ-У;
4. Водовідділювач ВО;
5. Відстійник ОПВ;
6. Ротаційний пульповловлювач ПП;

Розглянемо компоновки для процесу уварювання утфелю:

ВАРІАНТ КОМПОНОВКИ – 1:

1. Вакуум-апарат ПВА-400;
2. Груповий сепаратор;
3. Збірники для сиропу;

ВАРІАНТ КОМПОНОВКИ – 2:

1. Вакуум-апарат ВАЦ-600;
2. Груповий сепаратор;
3. Збірники для сиропу.

Впровадження автоматизованих систем на цукрових заводах призводить до ускладнення обладнання, впровадження нових типів приладів, пускових і регулювальних пристроїв, електронних і напівпровідникових елементів, виконавчих механізмів, регуляторів. Складність і багатoeлементність цукрових заводів, наявність повністю автоматизованих відділів висуває на перший план проблему забезпечення їх надійною і безвідмовною роботою.

Вихід із ладу одного або кількох елементів системи призводить до порушення технологічного процесу, зниження продуктивності або пониження якості продукції. Тому для забезпечення стійкості роботи автоматичних пристроїв необхідно знати ступінь надійності окремих елементів і всієї системи.

Обладнання та його окремі вузли повинні володіти визначеними якісними показниками і параметрами, котрі відповідають технічним вимогам. У процесі експлуатації важливо знати, наскільки безвідмовно і як довго буде працювати це обладнання, тобто є актуальним питання про його надійність та надійність його елементів.

Тривалість функціонування обладнання оцінюють терміном роботи. У межах цього терміну можливі і несправності, однак після їхнього усунення обладнання буде відповідати поставленим до нього вимогам. Якщо ж почнуть виникати часті несправності після ремонту обладнання вже не відповідає поставленим вимогам, тоді говорять, що закінчився термін його роботи.

Надійність обладнання залежить від умов його експлуатації: температури навколишнього середовища, вологості повітря, густини повітря, характеру навантаження і т.д. Електричні параметри обладнання залежать від температури. Під впливом температурних факторів послаблюється кріплення деталей, змащування підшипників і частин які зазнають тертя, здійснюється деформація окремих вузлів.

Підвищена вологість (більше 70%) також впливає на величину електрофізичних параметрів обладнання. Відбувається набухання і просочення деталей вологою, зникають діелектричні властивості матеріалів.

Під впливом динамічних навантажень - циклічних зусиль, ударів, струсів і вібрацій виникають поломки і скорочуються терміни роботи.

4.2 Аналіз продуктивності технологічного процесу виготовлення цукру.

При визначенні добової виробничої потужності заводу, згідно

затвердженої інструкції, технічна потужність або норма добової продуктивності дифузійного апарату неперервної дії приймається за даними заводу-виробника. Так, для ротаційного апарату РДА-59М вона складає 15000 ц буряка в добу, для апарату КДА – 25000 ц буряка в добу і т.д.

В тих випадках, коли дані про продуктивність відсутні або не відповідають режиму роботи, технічна потужність апарату визначається розрахунком по приведених нижче формулах.

Якщо повний об'єм апарату рівний V [м³], а об'ємний коефіцієнт наповнення складає ϕ , то корисний об'єм апарату буде $V_n = V \cdot \phi$ [м³]. При питомому навантаженні апарату буряковою стружкою g [т/м³] в апараті одночасно знаходиться $V_n \cdot g$ тон стружки.

Нехай тривалість дефундування, або середній час знаходження стружки в апараті, рівна z хв. При безперервному надходженні свіжої стружки в апарат і безперервному висновку знецукреної стружки (жому) з апарату вміст корисного об'єму апарату оновиться за добу $\frac{1440}{z}$ раз.

Отже, кількість бурякової стружки, що проходить протягом доби через апарат, або добова продуктивність, його, складе

$$A = \frac{1440 \cdot V_n \cdot g \cdot 10}{z} \text{ ц буряка в добу,}$$

де A – добова продуктивність апарату, ц. буряка;

V_n – корисний об'єм апарату, м³;

g – питоме навантаження стружки, т/м³;

z – тривалість дефундування, хв.

Ця формула є основною розрахунковою формулою для визначення технічної потужності дифузійного апарату неперервної дії.

Корисний об'єм дифузійного апарату неперервної дії для заводу з виробничою потужністю A ц буряка в добу знаходиться по зворотній формулі

$$V_n = \frac{A_z}{1440 \cdot 10 \cdot g} \text{ м}^3$$

При виведенні вказаних вище розрахункових формул прийнято, що продуктивність всіх допоміжних частин дифузійної установки (пристроїв для подачі стружки і вивантаження жому, насосів для циркулюючого і відкачуваного соку і т. д.) відповідає продуктивності дифузійного апарату, визначеній за корисним його об'ємом.

Нормативи. Φ – об'ємний коефіцієнт наповнення дифузійного апарату неперервної дії стружкою:

для горизонтальних ротаційних апаратів $\Phi=0,3$, для похилих двошнекових апаратів $\Phi = 0,5$;

g – питоме вагове навантаження корисного об'єму апарату буряковою стружкою в т/м³;

z – середня тривалість дифундування в хв.; приймається з таблиць залежно від системи дифузійного апарату. Для апаратів типу КДА $g=0.5$ т/м³, $z=80$ хв.

Тривалість дифундування z в ротаційних апаратах обернено пропорційна числу обертів барабана, в колонних – числу обертів вала (КДА), в похилих – числу обертів шнека:

$$z_1 = z \frac{n_0}{n_1} \text{ хв.}, \text{ або } z_1 = \frac{u_0}{u_1} \text{ хв.},$$

де z – нормативна тривалість дифундування, хв. (вказано вище);

n_0 – нормативне число обертів барабана або шнеків за хв.;

n_1 – змінене число обертів за хв.;

u_0 – нормативна швидкість ланцюга в м/сек;

u_1 – змінена швидкість ланцюга в м/сек.

Для дифузійних апаратів типу КДА нормативне значення $n_0=1,5$ хв.

Розрахунковий вихід свіжого невідпресованого жому, що, для дифузійних апаратів неперервної дії всіх систем умовно приймається 80%

до ваги переробленого буряка і вміст сухих речовин в ньому (по виході з апарату) – 7,2%.

Розрахункові втрати цукру в жомі (за умови пресування жому і повернення на дифузцію всієї жонопресової води) – 0,25–0,3% до ваги переробленого буряка. Оскільки пресованого жому виходить близько 40% до ваги буряка, то вміст цукру в ньому буде 0,8–1%.

Корисна місткість дифузійного апарату на 1000 ц буряка, що переробляється за добу $V_{\text{п}}=11,11$.

Порівнявши добові потужності для різних компоновок, бачимо, що вигіднішою є третя компоновка для процесу сокодобування.

Для процесу уварювання утфелю норма добової продуктивності для вакуум-апарату типу ПВА-400 становить 2000ц/доб, а для вакуум-апарату типу ВАЦ-600 – 1200ц/доб.

Отже, порівнявши добові потужності для різних компоновок, бачимо, що перша компоновка є більш продуктивнішою. Обладнання даної компоновки відрізняється високою надійністю, технологічною ефективністю.

5 Спеціальна частина

Алгоритми функціонування автоматизованої системи керування технологічним процесом дифузії цукру.

5.1 Алгоритм керування дифузійним апаратом.

Імпульс від вимірювача кількості стружки ІВ через реле переключення РП поступає на регулятор відкачки соку РОА. Якщо рівень соку в збірнику нижче H_2 , регулятор РОА зрівнює величину відкачки, тобто відношення між витратою соку (від витратоміра 1Р) і витратою (стружки від вимірювача ІВ), з заданою величиною відкачки (від задавача РЗО) і коректуючи завдання по вмісту цукру в жомі (від вимірювача ІСЖ), підтримує з допомогою клапану РО необхідну величину відкачки соку з допомогою клапану РО необхідну величину відкачки соку із ошпарювача.

Якщо сік в збірнику перевищить рівень H_2 (наступні станції зменшили споживання соку і клапан РК прикривається), то реле РП переключить схему таким чином (штрих-пунктирні зв'язки в цьому контурі), щоб величина підкачки соку підтримувалась сталою вже за рахунок зміни роботи.

Зміна кількості стружки викличе зміну навантаження активного простору ошпарювача. Щоб цього не відбулося, регулятор крутного моменту КМ отримуючи сигнал від вимірювача потужності N і тахогенератора T , змінює число обертів приводу ошпарювача до тих пір, поки крутний момент не стане рівний заданому (від задавача РЗМ).

У відповідності з витратою соку з ошпарювача необхідно змінити кількість соку, який поступає на попереднє ошпарення стружки. Це здійснюється витратомірами 1Р і 2Р і регулятором РСС, який діє на клапан

1КО.

При зміні кількості стружки необхідно змінювати кількість циркуляційного соку таким чином, щоб температура соко-стружкової суміші була сталою.

Регулювання кількості циркулюючого соку здійснюється двома контурами, які складаються з регуляторів температури РТ і клапанів К. Один регулятор, змінюючи подачу пари, підтримує сталу температуру циркулюючого соку, який виходить із підігрівача, другий – температуру соко-стружкової суміші зміною кількості поступаючого на ошпарювач циркуляційного соку з сталою температурою.

Виробнича потужність насосу соко-стружкової суміші регулюється зміною числа обертів приводу насосу ПН в залежності від рівня в ошпарювачі (сигнал від регулятора РУО).

Із зміною подачі соко-стружкової суміші в колонний апарат змінюється його навантаження. Ця величина підтримується сталою регулюванням числа обертів приводу апарату ПА в залежності від величини крутного моменту, який розвивається приводом. Такий контур подібний аналогічному контуру ошпарювача. подача свіжої води в апарат регулюється рівнемірор РВ при дії на клапан РОС. Жомопресова вода використовується повністю.

5.2 Алгоритм керування вакуум-апаратами.

В якості типової прийнята технологічна схема з трьома утфелями і афінацією жовтого цукру III утфелю. Уварювання утфелю відбувається в вакуум-апаратах періодичної дії.

Відсутність вакуум-апаратів неперервної дії тормозить впровадження в цілому комплексної автоматизації на цукрових заводах,

так як складність процесів, що відбуваються в вакуум-апаратах періодичної дії, до теперішнього часу не дозволяє впровадити раціональну систему їх автоматизації та перетворити цукровий завод в повністю неперервне поточне і комплексно-автоматизоване виробництво.

Суміш сиропу з клеровкою із збірників направляється в вакуум-апарат I утфелю, де він уварюється при температурі 75°C до густини 92,0-93,0°Вх. Заведення кристалів відбувається при коефіцієнті перенасичення 1,2-1,3 і густині сиропу 82-83°Вх з допомогою внесення в апарат затравки, котра складається з цукрової пудри або цукрової пасти.

Після заведення кристалів, закріплюючими підкачками сироп перенасичується, його питома вага знижується до 1,10-1,15, при якій і ведеться нарощування кристалів.

В кінці варіння перенасичення не повинно перевищувати 1,1-1,2. Зварений до заданої густини утфель при спуску в мішалку розкачується водою з температурою 75°C (приблизно 0,5% від маси утфелю), завдяки чому перенасичення утфеля зменшується до 1,03-1,06. Після цього вакуум-апарат спускають і пропарюють парою. Потім цикл повторюється.

II утфель уварюється при температурі близько 80°C з першого і другого відтоків I утфелю. Заведення кристалів в вакуум-апарати II утфелю відбувається на увареному до 84,0-84,5°Вх другому відтоку I утфелю, який має доброякісність 90-92%, введенням в вакуум-апарат певної кількості цукрової пудри або пасти при коефіцієнті перенасичення 1,30-1,35.

Після заведення кристалів нарощування їх ведеться на підкачках першого відтоку, який має доброякісність 83-86%, при коефіцієнті перенасичення 1,15-1,20. В кінці варіння густина II утфелю повинна бути доведена до 93,0-93,5°Вх.

Перед спуском утфелю в мішалку, його розкачують водою для зниження коефіцієнту перенасичення до 1,03-1,06. Після спуску утфелю

вакуум-апарат пропарюють.

III утфель уварюється при температурі близько 85°C з першого і другого відтоків II утфелю і афінаційного відтоку. В апарат на початку варіння забирають другий відтік, який згущують до 86,5-87,5°Вх. При коефіцієнті перенасичення 1,35-1,45 в апарат подається затравка. Нарощування кристалів ведеться при підкачках першого відтоку при коефіцієнті перенасичення 1,15-1,25. Для останніх підкачок використовують афінаційний відтік.

III утфель уварюють до густини 94-95°Вх і потім розкачують водою для зниження коефіцієнту перенасичення до 1,03-1,15. Зварений утфель спускають в прийомну мішалку, а вакуум-апарат пропарюють.

При варінні утфелю, особливо I, необхідно добиватися рівномірного і певної форми кристалу цукру при повній відсутності "борошна". На якість процесу сильно впливає доброякісність сиропу і відтоків, а також час варіння. Збільшення останнього приводить до підвищення кольоровості цукру.

Таким чином уварювання утфелю являється дуже складним процесом. Проведення цього процесу вручну потребує високої кваліфікації від оператора, але і при цьому не можливо уникнути браку. Тому впровадження автоматичного контролю і регулювання роботи вакуум-апаратів являється дуже актуальною задачею.

На більшості заводів автоматизація обмежується встановленням регулятора розрідження, цукроміра, місцевих вакуумметрів, манометрів і термометрів, дистанційне керування спускним шибером і повітряним вентилем.

Запропоновано кілька способів регулювання процесу уварювання: рефрактометричний, кондуктометричний та інші. Кожен з них має свої недоліки і переваги.

В графічній частині роботи представлена блок схема однієї з

запропонованих систем повної автоматизації вакуум-апарату періодичної дії для уварювання утфелю бурякоцукрового виробництва із застосуванням кондуктометра для вимірювання коефіцієнту перенасичення, і віскозиметра для визначення в'язкості утфельної маси.

Схема працює наступним чином. Натисканням кнопки вмикається соленоїдний клапан 1СВ і пневматичний імпульс від вторинного приладу Н-Р рівнеміра Н відкриває клапан 2К, встановлений на подачі сиропу в апарат.

Триходовий соленоїдний клапан 2СВ у цей час закритий і регулятор μ -Р вимірника текучості μ імпульсу не видає. Одночасно з клапаном 1СВ відкривається соленоїдний клапан 3СВ, пропускаючи пневматичний імпульс від регулятора 1Р-Р вакуумметра 1Р, що відкриває клапан 1К.

В апараті створюється необхідне розрідження. Коли рівень і розрідження в апараті досягнуть необхідної величини, відкривається соленоїдний клапан 4СВ, що пропускає імпульс з регулятора 2Р-Р манометри 2Р, що відкриває клапан 4К. Пара надходить у гріючу камеру апарату.

Необхідні величини тиску пари і розрідження в апараті встановлюються кондуктометром С-Р. При цьому утфель в апараті протягом усього початкового періоду уварювання підтримується в метастабільній зоні.

Вторинний прилад Н-Р рівнеміра Н включає подачу сиропу у випадку, якщо рівень маси, що уварюється, знижується нижче визначеної величини. Це необхідно для запобігання карамелізації цукру.

Після досягнення точки заведення кристалів спрацьовує контактний пристрій кондуктометра С-Р, що через реле часу включає соленоїдний клапан 5СВ для впуску в апарат запалу.

По мірі ростів кристалів в'язкість утфелю збільшується, а текучість

його зменшується. Зі зменшенням текучості утфелю збільшується навантаження на електродвигун мішалки давача текучості μ .

При досягненні заданої текучості утфелю спрацьовує контактний пристрій вторинного приладу Н-Р, що включає соленоїдний клапан 2СВ. При цьому імпульс від вторинного приладу Н-Р рівнеміра відключається, а підкачування сиропу ведуться через клапан 2К по імпульсу від приладу μ -Р.

Одночасно контактний пристрій приладу μ -Р включає також соленоїдний клапан 9СВ, що пропускає сигнал від давача Н рівнеміра на кондуктометр С-Р. При цьому оптимальна величина перенасичення регулюється в залежності від рівня утфелю в апараті. Протягом усього варіння перенасичення підтримується в метастабільній зоні, запобігаючи появі «борошна».

Протягом усієї першої стадії уварювання оптимальна величина в'язкості утфелю підтримується відповідно до сигналу 1У. Коли необхідний рівень у вакуум-апараті буде досягнутий, спрацьовує контактний пристрій реле тиску 3Р-Р, що включає триходовий клапан 10СВ. При цьому в'язкість підтримується на рівні, установлюваному давачем 2У.

Коли утфель зварений, реле тиску 3Р-Р, що отримує імпульс від рівнеміра Н, відключає соленоїдні клапани 9СВ і 1СВ. Клапан 1СВ припиняє подачу сиропу в апарат.

При досягненні максимальної в'язкості утфелю спрацьовує другий контактний пристрій вторинного приладу μ -Р давача текучості, що вмикає реле часу. Це реле включає клапан 7СВ скидання розрідження у вакуум-апараті, зупиняє мотор давача текучості, вимикає соленоїдні клапани 3СВ і 4СВ, що припиняють відвід пари на конденсатор і підведення пари в гріючу камеру апарату. Потім за допомогою соленоїдного клапана 6СВ відкривається клапан 3К вивантаження утфелю з апарату.

Після вивантаженні утфелю відкривається вентиль 8СВ, через який подається пара для пропарювання вакуум-апарата.

Наприкінці циклу вивантажувальний клапан 3К закривається, а подача пари на пропарювання припиняється. Апарат підготовлений до наступного циклу.

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві

6.1.1 Заходи, що забезпечують умови праці на обладнанні, що проектується.

Для забезпечення експлуатації технологічного обладнання всі робітники, що обслуговують засоби автоматизації випарної станції повинні пройти курс навчання з техніки безпеки.

Керівники підприємства повинні забезпечувати своєчасне і якісне проведення інструктажу робітників та інженерів – технічних працівників по безпечних методах роботи.

Виконання на випарному устаткуванні, трубопроводах і ємностях, що знаходяться під тиском та в зоні високих температур, допускаються тільки з дозволу особи, відповідальної за їх експлуатацію.

Після виконання всіх заходів, що забезпечують безпечне проведення робіт, технологічне обладнання і трубопроводи звільняються і дегазуються; перекривається запірна арматура між засобами автоматизації і технологічним обладнанням, що знаходиться під тиском; знімається тиск з апаратів; відкриваються небезпечні місця в зоні робіт; вивішуються застерігаючи плакати.

З метою визначення здатності даної особи по стану здоров'я займатись обслуговуванням, ремонтом, перевіркою систем вимірювань і автоматизації весь обслуговуючий персонал зобов'язаний пройти медичний огляд. Повторні медичні огляди проводяться не рідше одного разу в рік. Персонал метрологічної

служби, що здійснює обслуговування і ремонт засобів та системи автоматизації у виробничому приміщенні, повинен знати правила техніки безпеки і виробничої санітарії.

Роботи на діючому технологічному обладнанні із засобами вимірювання і автоматизації, які знаходяться під напругою чи на висоті, зварювальні, із вибухонебезпечними речовинами є роботами з підвищеною небезпекою.

Роботи по обслуговуванню і ремонту засобів автоматизації та вимірювання в загазованих і вибухонебезпечних приміщеннях і зонах, де можливий вихід газів із апаратів, повинні проводитись не менш як двома особами. Періодично виконується очищення поверхні нагрівання апаратів (виварювання) послідовним кип'ятінням в їх корпусах розчину соди і соляної кислоти.

При виварюванні утворюється вибухонебезпечний газ – водень. Тому під час проведення виварювання задля уникнення вибуху забороняється користуватися відкритим вогнем. Приміщення під час виварювання повинно добре провітрюватися. Після закінчення виварювання перед відкриттям випарного апарату включають комунікацію, яка розміщена у верхній частині випарного обладнання, яка спеціально призначена для випуску водню.

При роботі на діючому обладнання устаткуванні необхідно керуватися Правилами техніки безпеки при здійсненні електромонтажних робіт. В цеху повинен бути журнал для запису заходів, які проводяться при обслуговуванні приладів, заміні установок і блокуючи пристроїв.

6.1.2 Заходи безпеки при експлуатації електрообладнання в цеху, що проектується.

Електричні прилади і засоби автоматизації, що встановлені у вибухонебезпечних приміщеннях, повинні задовольняти вимогам Правил обладнання електроустановок (ПУЕ).

Для пневматичних приладів і засобів автоматизації повинні існувати окремі мережі стисненого повітря. Технологічна ділянка повинна бути обладнана приладами для сигналізації про спад тиску повітря в мережі живлення. Мережі стисненого повітря для живлення приладів і засобів автоматизації повинні мати буферні ємності, що забезпечували б годинний запас стисненого повітря для роботи.

При відсутності спеціального обладнання стисненого повітря для приладів і засобів автоматизації та в разі зниження тиску в загальній мережі менше допустимого, мережі повітря під тиском повинні автоматично відключатися від всіх інших мереж за допомогою зворотного клапана або іншого автоматичного пристрою, що встановлюється перед буфером.

Забір повітря для повітряних компресорів повинен виключати можливість його забруднення газами виробництва.

Всі електроприлади і щити АСУ ТП підлягають заземленню у відповідності з ПУЕ, незалежно від напруги, яка на них подається.

Всі приміщення, де розміщені щити автоматизації, повинні бути обладнані системою двостороннього виробничого гучномовного зв'язку або телефонами, а взаємозалежні ділянки – сигналізацією, що зв'язує агрегати між собою.

Аварійне вимикання приладів дозволяється здійснювати лише у відповідності із спеціальною інструкцією.

Перевірку, регулювання і ремонт всіх приладів та засобів

автоматизації потрібно проводити із дотриманням державних стандартів і технічних умов.

Роботи по регулюванню і перевірі електричних приладів і комунікацій до них одночасно з проведенням у приміщенні небезпечних робіт (виварювання випарки) не допускається.

Виконавчі механізми автоматичних регуляторів потрібно піддавати гідравлічним випробуванням, як і арматуру апаратів. Перевірка працездатності і регулювання схеми автоматичної системи керування та окремих виконавчих пристроїв повинні виконуватись на робочому місці і оформлятися відповідною документацією.

Протягом часу, необхідного на заміну автоматичного регулятора, регулювання повинно здійснюватися вручну.

За приладами і засобами автоматизації, виробничою сигналізацією і дистанційним керуванням повинен бути встановлений постійний контроль, що гарантує їх безвідмовну роботу.

При прийманні і передачі зміни потрібно виконувати огляд щитів автоматизації, АСУ ТП, блокуючи пристроїв, засобів сигналізації із записом про це у змінному журналі.

6.1.3 Шляхи збереження і підвищення продуктивності праці на виробництві.

Техніка безпеки представляє собою комплекс технічних і організаційних заходів, направлених на запобігання обслуговуючого персоналу, від травматизму, шкідливих впливів, викликаних умовами праці.

Автоматизація – це один з найважливіших факторів, що

покращують умови праці і підвищують техніку безпеки працівників. Автоматизація і централізація управління сприяють видаленню обслуговуючого персоналу із зон підвищеної небезпеки з важкими умовами праці. Автоматична сигналізація, блокування і захист від переливів, завалів, недопустимих перегрівів, підвищення тиску, загазованості приміщень та інших перед аварійних та аварійних ситуацій є заходами з техніки безпеки та охорони праці.

Завдяки впровадженню автоматизованих систем управління технологічними процесами, побудованих на базі мікропроцесорної техніки, в тому числі й мікро-ЕОМ, що з'єднані в локальні сітки, зменшується нервово-емоційне навантаження на операторів, так як більшість рішень приймаються системою управління автоматично.

Потрібно враховувати, що безпечні умови праці на автоматизованому обладнанні може бути забезпечена лише при наявності на пультах управління необхідних органів. При автоматизованому дистанційному управлінні обладнанням на пульті обов'язково встановлюється кнопка "Стоп".

При автоматизації виконавчі органи (засувки, вертилі, крани) на трубопроводах із гарячими парами, соками та іншими продуктами функціонують автоматично, що запобігає отриманню опіків обслуговуючим персоналом.

Для нормального ведення технологічного процесу та забезпечення безпечної роботи обслуговуючого персоналу машини і апарати обладнуються необхідними контрольно-вимірними приладами (термометрами, манометрами, електровимірними приладами та ін.), звуковою та світловою сигналізацією, які часто автоматизовано зв'язані із системами управління технологічним обладнанням.

Застосування сучасних приладів для автоматизованого

контролю, аналізу і регулювання вмісту проміжних та вихідних продуктів технологічних ділянок покращує умови праці працівників – лаборантів, так як відпадає необхідність перебувати їм біля технологічного обладнання і комунікацій, де створюються несприятливі метеорологічні умови (висока температура і вологість), для того, щоб взяти проби продуктів на аналіз. Крім того, цим працівникам не потрібно буде проводити трудомісткий аналіз продуктів, – ці функції покладається на прилади – аналізаторами автоматично із передачею результатів аналізу в керуючу ПЕОМ.

Для забезпечення здоров'я і безпечних умов праці, працездатності людини навколишнє повітряне середовище в приміщеннях підприємства повинно відповідати встановленим санітарно-гігієнічним нормам. Серед цих норм для підприємств цукрової промисловості особливе значення належить метеорологічним умовам на робочих місцях, так як для цукрового виробництва характерні значні виділення тепла і вологи. Вимоги до метеорологічних умов регламентуються санітарними нормами, які встановлюють оптимальні і допустимі показники мікроклімату для робочої зони закритих виробничих приміщень з врахуванням важкості виконуваної роботи і пори року.

Оптимальні величини температури ($22-24^{\circ}\text{C}$), відносної вологості (40-60%) і швидкості руху повітря ($\leq 0.1 \text{ м/с}$) повинні дотримуватися в кабінетах, на пультах, постах управління технологічним процесом, в кабінетах обчислювальної техніки, а також в інших приміщеннях при виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово-емоційною напругою.

Для запобігання впливу шкідливих речовин (газ, пара) на людину на цукрових виробництвах застосовується система заходів колективного та індивідуального захисту. Ці заходи можна розділити

на технологічні, технічні, індивідуальний захист, медико-профілактичні, контролю, а для забезпечення норм мікроклімату і захисту від несприятливих метеорологічних умов – система, яка включає інженерно-будівельні та індивідуальні заходи.

Серед технічних заходів основне місце займає герметизація, направлена на зменшення або ліквідацію шкідливих виділень приміщення. Так, випарні апарати, вакуум – апарати і трубопроводи для пари, соку, сиропу надійно тепло ізолюються, щоб забезпечити на зовнішній поверхні ізоляції не більше 45°C. Також широко застосовується вентиляція, яка є засобом захисту працівників від шкідливого впливу речовин, що надходять в приміщення в основу роботи вентиляції покладено принцип розчинення чутливих речовин чистим повітрям до гранично допустимої концентрації.

В приміщенні випарної станції, де існують значні виділення теплоти, застосовують природну вентиляцію, що здійснюється за допомогою аераційних ліхтарів, вікон. До ефективних технічних засобів створення оптимальних метеореологічних умов належить дистанційне управління, яке є функцією АСУ ТП і направлене на видалення працівників із забрудненої зони чи зони з несприятливими метеореологічними умовами.

Медико-профілактичні засоби полягають у систематичному клінічному спостереженні за станом здоров'я працівників, проходження ними періодичних оглядів тощо.

Важливе значення мають контрольні заходи, які дозволяють не тільки встановити відповідність складу повітря санітарним нормам, але і у випадку відхилення своєчасно розробити і запровадити заходи по усуненню виявлених недоліків, а також оцінити ефективність цих заходів

Інженерно-будівельні заходи забезпечення норм мікроклімату

приміщенні включають: застосування конструкцій споруд із відповідною теплоізоляцією; засобів вентиляції і кондиціонування повітря.

До індивідуальних засобів захисту від несприятливих метеорологічних умов відносяться: раціональний режим праці і відпочинку, питний сольовий режим, дистанційне управління.

6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6.2.1 Підвищення стійкості роботи цукрового заводу при дії електромагнітного поля або імпульсу на організм людини та виробництво.

Для електричної та електронної апаратури автоматизованої системи управління випарної станції цукрового заводу є небезпечним електромагнітне випромінювання у вигляді короткого імпульсу великої потужності, що супроводжує ядерний вибух.

По природі електромагнітний імпульс (ЕМІ) в першому наближенні можна порівняти з електромагнітним полем близької блискавки, що створює спотворення радіосигналів. Виникає ЕМІ в основному в результаті взаємодії гамма-випромінювання, що утворюється під час вибуху, з атомами навколишнього середовища.

При взаємодії гамма-квантів з атомами середовища останнім надається імпульс енергії, невелика доля якої витрачається на іонізацію атомів, а основна – на надання поступального руху електронам на іонам, що утворюються в результаті іонізації. Через те, що електронам надається значно більше енергії, ніж іонам, останні практично залишаються на місці, а електрони віддаляються

від них зі швидкостями, близькими до швидкості світла в радіальному напрямку від центру вибуху. Несиметричність електричного заряду (потoku електронів) в місці вибуху в повітрі викликає імпульс струму, який випромінює електромагнітну енергію так само, як і при проходженні його у випромінюючі антени.

Район, де гамма-випромінювання взаємодіє з атмосферою, називається районом джерела ЕМІ. Щільна атмосфера біля земної поверхні обмежує область поширення гамма-квантів. Тому при наземному вибуху район джерела займає площу всього у декілька квадратних кілометрів і приблизно співпадає з районом, де діють інші уражаючі фактори ядерного вибуху.

При висотному ядерному вибуху гамма-кванти можуть пройти сотні кілометрів до взаємодії з молекулами повітря і внаслідок його розрідженості проникнути глибоко в атмосферу. Тому розміри району джерела ЕМІ виходять великими. При висотному вибуху потужного боєприпаси може утворитися район джерела ЕМІ діаметром 1600 км і товщиною в 20 км, нижня межа якого пройде на висоті близько 18 км.

Таким чином, об'єкти, що знаходяться і за межами вогнища ядерного ураження, можуть опинитися під сильним впливом ЕМІ при висотних ядерних вибухах.

Електромагнітний імпульс наземного ядерного вибуху на відстані до декількох кілометрів від центру вибуху представляє собою одиночний сигнал з крутим переднім фронтом і тривалістю декілька десятків мілісекунд. Енергія ЕМІ розподілена в широкому діапазоні частот – від декількох герц до кількох мегагерц. Однак високочастотна складова спектру містить незначну долю енергії імпульсу; а основну частину його енергії несуть частоти до 30 кГц.

Амплітуда ЕМІ у вказаній зоні може досягати дуже великих значень – у повітрі тисячі вольт на метр при вибухах малої потужності і десятки тисяч вольт на метр при вибухах великої потужності.

Оскільки амплітуда ЕМІ швидко зменшується із збільшенням відстані, ЕМІ наземного ядерного вибуху уражає тільки на відстані декількох кілометрів від центру вибуху; на великих відстанях він здійснює тільки короточасний негативний вплив на роботу електронної апаратури.

6.2.2 Уражаюча дія електромагнітного випромінювання.

Вплив електромагнітного випромінювання на людину залежить від напруженості електромагнітного поля, потоку енергії, частоти коливань, розміру поверхні тіла, що випромінюється.

Найбільш вразливими др. Електромагнітного опромінення є тканини людини, що не містять кровоносних судин. До них відносяться очі і шлунково-кишковий тракт.

Електромагнітне опромінення сильно вражає центральну нервову систему (викликаючи головні болі, втрати свідомості) та серцево-судинну систему (різкі зміни тиску, пульсу).

Електромагнітне випромінювання у вигляді імпульсу негативно впливає і на апаратуру, так як викликає високі імпульси струмів і напруг у провідниках і кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, управління, електропередачі і т.п.

Вплив ЕМІ може привести до згорання чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаний з відкритими провідниками (електромережа), а також до серйозних порушень в цифрових і

контрольних пристроях, звичайно без необоротних змін. Отже вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електронних систем. Для найбільш важливих пристроїв потрібно застосовувати заходи захисту і підвищувати їх стійкість до ЕМІ.

Особливістю ЕМІ як уражаючого фактору є його здатність поширюватися на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі і по різних комунікаціям (мережам електро- і водопостачання, провідного зв'язку і т.п.).

Найбільш піддатливі впливу ЕМІ системи зв'язку, сигналізації, управління, так як кабулі і апаратура в цих системах мають граничну електричну міцність не більше 10 кВ імпульсної напруги, тоді як наведені імпульси від ЕМІ можуть перевищувати ці значення.

Особливо піддатлива впливу ЕМІ апаратура. Виконана на напівпровідниках і інтегральних схемах, що працюють на малих струмах і напругах, а отже, чутливих до впливу зовнішніх електромагнітних полів. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем апаратури, викликає короткі замикання, іонізацію діелектриків, спотворює або повністю стирає магнітний запис, стирає "пам'ять" ЕОМ і т.п.

Встановлено, що при впливі ЕМІ на апаратуру найбільші напруги наводяться на входних колах. В транзисторах спостерігається наступна залежність: чим вище коефіцієнт підсилення транзистора, тим менша його електрична міцність.

ЕМІ пошкоджує також резистори, викликає іскріння в їх між контактних з'єднаннях, що приводить до локального нагріву і порушення опору покриття. Для резисторів типу МЛТ гранична напруга складає близько 10 КВ.

Великі струми, зумовлені прикладеним імпульсом напруги, проходячи через конденсатор в місцях підвищеного опору можуть

викликати нагрівання шару металізації і його вигорання, порушити контакти між обкладками і виводами. І оскільки за короткий час дії імпульсу теплова енергія не встигає поширитись на весь об'єм конденсатора передатись в навколишнє середовище, то локальні перегрівання досить небезпечні. Руйнівні струми в метало паперових конденсаторах досягають 100...200 А.

Таким чином, ЕМІ ядерного видуху ефективно уражає електротехнічні прилади, тому при вирішенні задачі підвищення стійкості роботи об'єктів у надзвичайних ситуаціях важливо правильно оцінити ймовірність пошкодження електротехнічних і електронних систем в результаті впливу ЕМІ і знайти шляхи і способи захисту від проникнення імпульсів енергії у внутрішні кола апаратури.

6.2.3 Методи захисту від впливу електромагнітного випромінювання.

Надійний захист електротехнічних систем і електронної апаратури від пошкоджень, що викликаються ЕМІ ядерних вибухів, може бути успішним лише при комплексному вирішенні проблеми.

В кожному конкретному випадку повинні бути знайдені найбільш ефективні і економічно доцільні методи захисту електронної апаратури. Серед цих методів найбільш поширені екранування, оптимальне просторове розміщення і заземлення окремих частин системи, застосування запобігаючи перенапрузі пристрої та інше. Розглянемо суть основних методів.

Одним з методів підвищення стійкості і захисту електронних систем від дії сильного електромагнітного випромінювання є застосування металевих екранів. Вони відбивають електромагнітні

хвилі і поглинають високочастотну енергію. Через систему заземлення струм, наведений ЕМІ, стікає в землю, не приносячи шкоди електронній апаратурі, що знаходиться всередині металевих шаф або коробів. Товщину екрану і послаблення, що ним здійснюється, можна розрахувати, знаючи потужність і густину потоку випромінювання за екраном, провідність, магнітну проникність матеріалу, частоту електромагнітного поля.

Для розширення спектру частот електромагнітних випромінювань, що поглинаються, можуть використовуватися різні типи екранів, виконані із різних елементів.

Найдешевший екрануючий матеріал – холоднокатані сталеві листи. Стінки екранів можуть виконуватися як у вигляді решіток (сіток), так і у вигляді суцільних листів. Хоча вартість екранів із суцільними стінками дещо більша, але їх екрануючі властивості кращі.

Для захисту від ЕМІ широко застосовуються розрядники, що встановлюються на входи і виходи апаратури.

Основні функції захисного розрядника – детектування імпульсу, розмикання лінії або відведення енергії для запобігання руйнувань апаратури. Розрізняють два основні види захисних розрядників – “м’які” і “жорсткі” обмежувачі. “М’які” обмежувачі – нелінійні опори, що залежать від напруги (конденсатори, варистори), а “жорсткі” – прилади із пробоем (газові розрядники, діоди, вугільні загороджувачі та ін.).

Напівпровідникові захисні прилади менш стійкі до наведених напруг, але мають менший час спрацювання.

Для електронної апаратури, що встановлена в приміщенні основну небезпеку представляє імпульс, що пройшов по колу живлення. Для захисту апаратури рекомендуються плавкі

запобіжники і захисні вхідні пристрої, які являють собою релейні прилади, що реагують на перевищення струму або напруги в колі.

На рисунку 6.1. показаний метод захисту від електромагнітних хвиль і шкідливого опромінення, а саме методом екранування.

Працюючі високочастотні електродвигуни випромінюють електромагнітну енергію в робочу зону, яка шкідливо діє на організм людини, якщо не прийняти певних мір безпеки. Тому при встановленні і експлуатації даних об'єктів промислової електроенергії, а також при монтажі і наладці важливо дотримуватись основних вимог техніки безпеки.

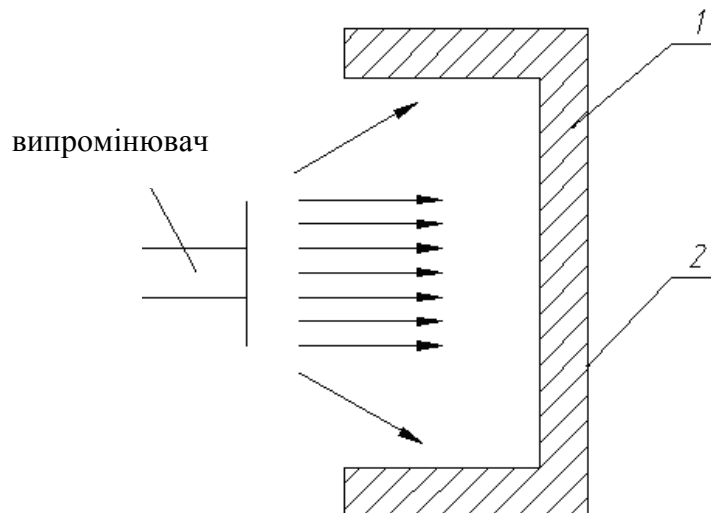


Рисунок 6.1. Метод екранування (1- поглинаюче покриття, 2 – екран).

Відомо, що навколо провідника з струмом виникають одночасно і електричне, і магнітне поле. При змінному струмі електричне і магнітне поле пов'язане між собою і тому їх розглядають, як єдине електромагнітне поле. Електромагнітне поле високих і надвисоких частот може самостійно поширюватись в просторі, в якому нема провідників електричного струму, з швидкістю, близькою до швидкості світла. При цьому поширюючись у просторі, електромагнітне поле несе з собою енергію.

Електромагнітне поле змінюється з тією ж частотою, що і струм, який утворив дане поле.

Частота коливань f і період коливань поля T величини обернено пропорційні

$$f = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{f}$$

Відстань, на яку поширюється поле за один період – довжина електромагнітної хвилі λ можна знайти за формулою

$$\lambda = CT = \frac{v}{f}$$

де v – швидкість поширення електромагнітної хвилі в даному середовищі.

Швидкість поширення електромагнітної енергії залежить від діелектричної сталої ξ і магнітної проникливості середовища μ . Для повітря $\xi = 1$ і $\mu = 1$, а швидкість поширення електромагнітної енергії в порожнині $C = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек. Тому для порівняння (в повітрі) $v = C = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек., або 300000 км/сек.

В таблиці приведено прийнята в теперішній час класифікація електромагнітних полів діапазону радіохвиль.

Таблиця 6.1. Класифікація електромагнітних полів.

Спектр хвиль	Частота хвиль	Довжина хвиль м
Довгі	$3 \cdot 10^4 \div 3 \cdot 10^5$ високі	100000 – 1000
середні	$3 \cdot 10^5 \div 3 \cdot 10^6$ частоти	1000 – 100
Короткі	$3 \cdot 10^6 \div 3 \cdot 10^7$	100 – 10
ультракороткі	$3 \cdot 10^7 \div 3 \cdot 10^8$ ультрависокі	10 – 1
Дециметрові сантиметрові міліметрові		

Вплив електромагнітних полів різних частот на організм людини залежить від характеру поля, створеного електродвигунами на робочому місці.

Простір робочої ділянки біля джерела високо частотних полів може бути як зоною індукції, так і зоною випромінювання, в залежності від частоти електродвигуна і відстані від джерела випромінювання до робочого місця. Встановлено, що на відстані від джерела не більше $1/6$ довжини хвилі переважають поле індукції, і цей простір умовно рахується зоною індукції, а на більш далеких відстанях поле випромінювання, і цей простір називають зоною випромінювання.

Джерела створення полів високої і ультрависокої частоти є

- елементи коливного контуру;
- високочастотний трансформатор;
- лінії передач;
- робочий контур.

Розподіл інтенсивності електромагнітного поля в приміщенні може змінюватись в результаті багаторазових відбивань хвиль від стін, стелі, підлоги і предметів. Інтенсивність електромагнітного поля коливається в залежності від потужності електродвигуна, відстані робочого місця від джерела випромінювання і відбивань від різних поверхонь. Степінь впливу електромагнітних полів на людину залежить в першу чергу від інтенсивності опромінення. З інших факторів потрібно враховувати такі, як тривалість дії і діапазон частот.

При впливі електромагнітних полів на організм людини проходить часткове поглинання їх енергії тканинами тіла. Під дією високочастотних електромагнітних полів іони тканини проходять в рух, тобто в тканинах виникають високочастотні струми, які супроводжуються тепловим ефектом. Довгий і систематичний вплив на організм людини електромагнітних полів різних частот великої інтенсивності може

викликати підвищену втомленість, головну біль, сонливість, порушення сну, гіпертонію і біль в серці. Під впливом електромагнітних полів надвисоких частот спостерігаються зміни в крові, погіршення зору, а окремих людей – нервово психічні захворювання, випадання волосся, ломкість нігтів.

Для попередження професійних захворювань українським законодавством встановлені попередні і періодичні медичні огляди, а також медичний огляд при відборі осіб, які направляються на роботу з високочастотними приладами.

Для вимірювання інтенсивності опромінення на робочих місцях користуються приладами, спеціально розробленими для гігієнічної оцінки умов праці, а саме ІНЕП-50; ІНЕП-2; ІЕМП-2; ПО-2.

Для пристроїв високої частоти, санітарні норми допускають напруженість електричного поля середніх і довгих хвиль в розмірі не більше 5 В/м, за виключенням індукційних складових.

Для діапазону сантиметрових і дециметрових хвиль допустимі величини інтенсивності опромінення диференційовані з врахуванням фактора часу.

- при опроміненні на протязі усього робочого дня, не більше 0,01 мВт/см² (10 мкВт/см²);
- при опроміненні не більше 2 год за робочий день не більше 0,1 мВт/см² (100 мкВт/см²)
- при опроміненні не більше 15-20 хв за робочий день – не більше 1 мВт/см² (1000 мкВт/см²)

Основними принципами розробки засобів захисту від впливу електромагнітних хвиль при роботі високочастотних пристроїв є:

- 1) зменшення випромінювання в самому джерелі;
- 2) екранування джерела випромінювання;
- 3) екранування робочого місця;

4) застосування індивідуальних засобів захисту.

В залежності від діапазону частот, типу джерела випромінення, його потужності і характеру роботи, може використовуватись один із вказаних видів захисту або інша його комбінація.

В діапазоні великих частот для зменшення напруженості електромагнітного поля на робочих місцях рекомендується два типи захисту:

- 1) окреме екранування джерел електромагнітних полів.
- 2) повне екранування джерел електромагнітних полів.

Екранування високочастотних частин електродвигуна здійснюється листами алюмінію, або заліза товщиною не менше 0,5 мм.

Високочастотний пристрій в загальному приміщенні, екранується разом з усіма огороженнями загальним кожухом. Якщо пристрій розміщений в окремому приміщенні, можна екранувати все приміщення. В цьому випадку панель керування пристроєм повинна бути винесена за межі екранування. Кожний екран повинен заземлюватись.

Для запобігання опромінення працюючих потрібно забезпечити індивідуальні засоби захисту: халати, або комбінезони з тканини, відбиваючих електромагнітних хвиль, спеціальними захисними окулярами.

Для зменшення відбивання електромагнітних хвиль в приміщенні стіни і стелю покривають крейдовою фарбою, або спеціальними поглинаючими матеріалами (резиновими ковриками, магнітодіелектричними пластинами).

Висновки

Для стійкості роботи цукрового заводу при дії електромагнітного поля потрібно належним чином забезпечити захисні елементи. Покращити стійкість будівель до опромінення згаданими вище методами. Дотримуватись всіх правил і норм встановлених законодавством по

дотриманню техніки безпеки, охорони праці і індивідуального захисту, а також підтримування сил цивільної оборони в постійній готовності.

Стійкість апаратури до впливу ЕМІ у значній мірі залежить від правильної експлуатації ліній і ретельного контролю справності засобів захисту.

До важливих вимог експлуатації відносяться періодична і своєчасна перевірка електричної міцності ізоляції ліній і вхідних кіл електронної апаратури, своєчасне виявлення і усунення заземлень провідників, контроль справності розрядників і плавких вставок.

Вказані способи і засоби захисту повинні застосовуватись у всіх видах електротехнічної і радіоелектронної апаратури з врахуванням характеру вражаючої дії електромагнітних випромінювань для забезпечення надійної роботи підприємства в надзвичайних обставинах.

Висновки

Під час виконання кваліфікаційної роботи було вирішено завдання модернізації автоматизованої системи управління процесами сокодобування та кристалізації при виготовленні цукру-піску.

Модернізація полягала у використанні контролера для управління процесом кристалізації цукру у вакуум-апаратах. Цей контролер дозволяє автоматично вести процес без участі оператора по заданих опорних значеннях параметрів процесу варіння цукру - рівню та в'язкості утфелю (у відсотках від максимальних значень).

Уварювання утфелю є складним процесом, який завдяки впровадженню автоматичного контролю і регулювання роботи періодично діючих вакуум-апаратів дозволяє скоротити приблизно на 20% час варіння утфелю й отримати хороші техніко-економічні показники.

Також розроблено схему автоматизації процесу дифузії цукру, що відбувається у колонному дифузійному апараті.

Впровадження результатів роботи дозволить підвищити якість цукру-піску, зменшити кількість працівників, збільшити продуктивність лінії, а також забезпечить можливість підприємства задовільняти зростаючий попит на продукцію.

Перелік посилань

1. ДСТУ 2213-93: Цукор-рафінад. Технічні умови.
2. ДСТУ 2316-93: Цукор-пісок Технічні умови.
3. ДСТУ 2317-93: Цукор-пісок і цукор-рафінад. Метод визначення кольоровості.
4. ДСТУ 3661-97: Цукор. Метод визначення вологи та сухих речовин.
5. ДСТУ 3748-98: Цукор. Метод визначення сахарози.
6. Закон України «Про державне регулювання виробництва і реалізації цукру» Електронний ресурс. - Режим доступу <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/758-14>.
7. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулля, 2011. 344с.
8. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
9. Букетов А. В., Стухляк П. Д., Кальба Є. М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. Тернопіль: Збруч, 2005. 182 с.
10. Драган Я.П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. Вісник нац. унів. "Львівська політехніка": зб. наук. пр. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2002. № 443. С. 200-205.

11. Коваль В. П., Івасечко Р. Р., Козак К. М. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2015. № 3. С. 2-10.
12. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
13. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
14. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
15. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
16. Development of Digital Platform to Identify and Monitor the Digital Business Transformation Index, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Dudkin, P., Dudkina, O., International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2020, 2, pp. 171–175, 9322016
17. Information technology to support the digital transformation of small and medium-sized businesses, Mosiy, L., Kozbur, H., Strutynska, I., Mosiy, O., Yatsyshyn, V. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3742, pp. 150–165
18. Analysis of the SMEs' Digitalization State Using HIT Index and Machine Learning Technique, Strutynska, I., Kozbur, H., Dmytrotsa, L., Kozbur, I., Gashchyn, N., Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, 2023, pp. 332–337

19. Working-Out of Recommendation System to Increase the Digital Maturity Level of Enterprises, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Hlado, O., Sorokivska, O., 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2020 - Proceedings, 2021, pp. 147–151, 9467978
20. The Unification of Approaches to Measuring the Digital Maturity of Business Structures (International and Domestic Approaches) / Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Melnyk, L., Sherstiuk, R., CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3013, pp. 10–23
21. Стухляк П.Д., Букетов А.В. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням. Тернопіль: Збруч, 2009. 237 с.
22. Ткачук Р., Яворський Б. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеною вірогідністю та ефективністю. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2009. №3. С. 102-110.
23. Юзьків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. Вісник ТДТУ. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
24. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
25. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
26. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень

- вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
27. Diahovchenko I., Kolcun M., Čonka Z., Savkiv V., Mykhailyshyn R. Progress and challenges in smart grids: Distributed generation, smart metering, energy storage and smart loads. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, 2020. Vol. 44. P. 1319-1333. <https://doi.org/10.1007/S40998-020-00322-8>.
 28. Palamar A., Pettai E., Beldjajev V. Control System for a Diesel Generator and UPS Based Microgrid. *Scientific Journal of Riga Technical University. Power and Electrical Engineering*. 2010. Vol. 27. P. 47-52.
 29. Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017)*, Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.
 30. Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud computing technologies in “smart city” projects. In *Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*. Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.
 31. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies. *Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04)*, Aachen, 2004. P. 1658–1662.
 32. Рева Л. П. Фізико-хімічні основи технологічних процесів очищення дифузійного соку у виробництві цукру : монографія / Л. П. Рева ; Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2015. – 371 с.

33. Технологія цукру: підручник : в 3 т. Т. 2 : Очищення дифузійного соку / А. А. Ліпец, В. М. Логвін, К. Д. Скорик та ін. ; за ред. В. М. Логвіна, А. І. Українця ; Нац. ун-т харч. технол. – Київ : Експрес-об'ява, 2015. – 272 с.
34. Хоменко М. Д. Сучасні схеми та обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування. очищення, отримання стружки і дифузійного соку : навчальний посібник / М. Д. Хоменко. – Київ : Сталь, 2006. – 240 с.
35. Центрифугування цукрових утфелів. Теорія і практика : монографія / М. М. Пушанко, В. А. Лагода, Н. М. Пушанко, А. Ю. Гуменюк. – Київ : Вища освіта, 2010. – 439 с.
36. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с.
37. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с.
38. Медвідь В.Р., Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 354 с., ISBN 978-966-305-045-4, <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/20504>.
39. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
40. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності

- 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.
41. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
42. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
43. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 26с.
44. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 4. «Мікросхемотехніка» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 44с.
45. Розробка мікропроцесорної системи керування на основі мікропроцесорного комплекту КР580 та на основі ОМЕОМ К1816ВЕ51/ Методичні вказівки для виконання курсового роєкту з дисципліни "Електроніка і мікропроцесорна техніка" //Медвідь В.Р, Пісьціо В.П., Микулик П.М. Тернопіль: ТНТУ - 2016. 108 с.

46. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
47. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
48. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
49. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.Проць, О.Данилюк, В.Савків - ТДТУ. 2005. -264с.
50. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : П.О. Марущак , Ю.Б. Капаціла , Р.І. Михайлишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 75 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26145>
51. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ

імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136/>.

52. Методичні рекомендації для практичних занять з курсу «Засади провадження наукової діяльності» / укл. : Дмитрів Олена Романівна, Рогатинський Роман Михайлович. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 112 с., <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44669>.