

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра технологічного обладнання і комп'ютерних технологій проектування**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ **Сергій БЛАЖЕНКО**
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ **Микола ЯКИМЧУК**
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

на тему Конструктивна розробка комбінованого способу подачі сокостружкової суміші з метою підвищення продуктивності колонних дифузійних апаратів

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-8

КОВАЛЬОВ Костянтин Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник ПУШАНКО Микола Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Якимчук М.В.

“ ____ ” _____ 2022 року

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

Ковальов Костянтин Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Конструктивна розробка комбінованого способу подачі сокостружкової суміші з метою підвищення продуктивності колонних дифузійних апаратів

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» березня 2022 р. № 167 -кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2022 р.

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

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Анотація. Зміст. Вступ. Аналіз сучасних конструкцій колонних дифузійних апаратів; Техніко-економічне обґрунтування конструктивної розробки; Технологічна характеристика післяспиртової дифузійного соку та сокостружкової суміші; Будова та принцип роботи модернізованого колонного дифузійного апарату; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Монтаж, ремонт та експлуатація колонного дифузійного апарату, Контроль та управління дифузійним апаратом; Правила техніки безпеки в дифузійному відділенні; Дотримання концепції сталого розвитку; Висновки; Список використаних джерел; Специфікації.

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

Апаратурно-технологічна схема одержання дифузійного соку - 1 аркуш;
Загальний вигляд модернізованого колонного дифузійного апарату – 1 аркуші;
Модернізований вузол – 1 аркуш; Деталювання – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 19.04.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Анотація. Зміст. Вступ.	22.04.2022	
2.	Аналіз сучасних конструкцій колонних дифузійних апаратів	27.04.2022	
3.	Техніко-економічне обґрунтування конструктивної розробки; Технологічна характеристика післяспиртової дифузійного соку та сокостружкової суміші;	03.05.2022	
4.	Будова та принцип роботи модернізованого колонного дифузійного апарату	06.05.2022	
5.	Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів;	13.05.2022	
6.	Монтаж, ремонт та експлуатація колонного дифузійного апарату	16.05.2022	
7.	Контроль та управління дифузійним апаратом	16.05.2022	
8.	Правила техніки безпеки в дифузійному відділенні	19.05.2022	
9.	Дотримання концепції сталого розвитку	23.05.2022	
10.	Висновки	25.05.2022	
11.	Список використаних джерел	25.05.2022	
12.	Специфікації	27.05.2022	
13.	Графічна частина проекту (4 аркуші формату А3)	27.05.2022	
14.	Подача кваліфікаційної роботи на кафедру	01.06.2022	

Здобувач

(підпис)

Костянтин КОВАЛЬОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Микола ПУШАНКО

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті на тему «Конструктивна розробка комбінованого способу подачі сокостружкової суміші з метою підвищення продуктивності колонних дифузійних апаратів» розглянуто питання розробки модернізованого вузла завантаження колонного дифузійного апарату. В модернізованому шнековому пристрої звичайні лопаті замінено на пластинчасті які виконані із сучасного якісного матеріалу. В нижній частині колони в перфорованому корпусі встановлено завантажуючий шнек з окремим приводом, який подає сокостружкову суміш в об'єм апарату. Запропоноване конструкційне рішення дозволить зменшити перепад питомого навантаження по висоті колони та навантаження на ситовий пояс, знизить інтенсивність перемішування стружки в нижній частині апарату, та підвищить його продуктивність. Це надає змогу віджимати сокостружкову суміш в процесі завантаження та призведе до покращення роботи дифузійного апарату.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки в якій розкрито актуальність модернізації колонного дифузійного апарату, проведено аналіз сучасних конструкцій аналогічного призначення, описано будову та принцип роботи модернізованого апарату, проведено необхідні технологічні, конструкційні та механічні розрахунки. Також в проекті розроблено рекомендації щодо монтажу, автоматизації установки, заходів по охороні праці та наведено шляхи підтримки концепції сталого розвитку.

Графічна частина проекту складається з чотирьох креслень формату А1. Додатками до проекту є специфікації графічної частини.

Ключові слова: сокостружкова суміш, шнек, дифузійний сік, дифузійний апарат, завантаження.

SUMMARY

The diploma project on "Constructive development of a combined method of feeding juice-chipping mixture to increase the productivity of column diffusion apparatus" considers the development of a modernized loading node of the column diffusion apparatus. In the modernized screw device, ordinary blades have been replaced by plate blades made of modern quality material. At the bottom of the column in the perforated housing is a loading auger with a separate drive, which feeds the juice mixture into the volume of the device. The proposed design solution will reduce the

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва	200376.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено	АНОТАЦІЯ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

difference in specific load on the height of the column and the load on the sieve belt, reduce the intensity of mixing chips in the lower part of the device, and increase its productivity. This allows you to squeeze the juice mixture during loading and will improve the performance of the diffusion apparatus.

The diploma project consists of an explanatory note which reveals the relevance of modernization of the column diffusion apparatus, analysis of modern structures for similar purposes, describes the structure and principle of operation of the modernized apparatus, performed the necessary technological, structural and mechanical calculations. The project also develops recommendations for installation, installation automation, labor protection measures and provides ways to support the concept of sustainable development.

The graphic part of the project consists of four drawings in A1 format. Appendices to the project are the specifications of the graphic part.

Key words: juice mixture, auger, extraction, diffusion apparatus, loading.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП.....	7
1. Аналіз сучасних конструкцій колонних дифузійних апаратів	9
1.1. Колонний дифузійний апарат ВМА та дифузійна установки	10
1.2. Колонний дифузійний апарат «Buskau-Wolf» та дифузійна установки.....	12
2. Техніко-економічне обґрунтування конструктивної розробки.....	16
3. Технологічна характеристика дифузійного соку та сокостружкової суміші....	18
4. Будова та принцип роботи модернізованого колонного дифузійного апарату	22
5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	27
5.1. Технологічні розрахунки.....	27
5.2. Тепловий розрахунок апарату.....	28
5.3. Розрахунок потужності апарата.....	29
5.4.1. Розрахунок ситового поясу	30
6. Підбір конструкційних матеріалів.....	34
7. Монтаж, ремонт та експлуатація модернізованого колонного дифузійного апарату.....	36
7.1. Монтаж колонного дифузійного апарату	37
7.1.1. Монтаж постаменту	37
7.1.2. Монтаж ситового поясу	37
7.1.3. Монтаж корпусу	38
7.1.4. Монтаж приводів апарата.....	39
7.2. Ремонт дифузійного апарату колонного типу.....	40
7.3. Технічне обслуговування колонного дифузійного апарату.....	41
8. Контроль та управління роботою дифузійного апарату	42

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва ЗМІСТ	200376.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш

9. Правила безпечної експлуатації модернізованого колонного апарату	44
10. Дотримання концепції сталого розвитку	45
ВИСНОВКИ.....	47
Список використаних джерел	48
ДОДАТКИ.....	50

ВСТУП

Вилучення цукрози з бурякової стружки є найважливішим процесом бурякоцукрового виробництва, який визначає ефективність використання сировини, паливно-енергетичних ресурсів, вихід цукру та його якість.

Цукор є одним із найважливіших продуктів харчування людини. Близько половини енергії, яка витрачається людиною у процесі життєдіяльності, заповнюється вуглеводами, зокрема 30 % з яких цукор. Він споживається в кристалічному та рідкому вигляді (цукровий сироп) та входить до складу більшості продуктів харчування.

Вилучення цукрози з бурякової стружки методом екстрагування у більшості конструкцій екстракторів ведеться при співвідношенні вода/стружка 1,1...1,25. Проте в типових дифузійних апаратах колонного типу на окремих ділянках їх технологічної схеми цей показник сягає 3...3,5. Оскільки завданням процесу є одержання дифузійного соку високої концентрації, на проміжних стадіях надлишки екстрагенту відводяться із сокостружкової суміші. Це відбувається шляхом фільтрування сокостружкової суміші через ситчасті перегородки з щільними отворами концентричної форми, або додатковими ситами, вбудованими в транспортуючі лопаті, або в стінки колони.

Під час екстрагування в системі тверда речовина-рідина з клітин бурякової стружки вилучається сахароза з використанням води в якості екстрагента. Оскільки стінки клітин непроникні для молекул сахарози, перед власне екстракцією їх необхідно денатурувати. Частина стінок клітин руйнується механічно вже при зрізуванні буряків у стружку, а основна частина піддається денатуруванню лише в ході нетривалого термічного впливу. Метою експлуатації дифузійної установки, що працює в економічно ефективному технологічному та енергетичному режимі, є отримання дифузійного соку високої чистоти з великим вмістом сухих речовин та низькою температурою. Для досягнення цієї мети використовується принцип протитечії між стружкою та екстрагентом, повне повернення жомопресової води та малі кількості екстрагенту.

Режим роботи без доступу повітря знижує до мінімуму наявність мікроорганізмів та пов'язані з ними втрати цукру через руйнування цукрози мікробами.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва ВСТУП	200376.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено					

При відхиленні теплової обробки сокостружкової суміші (нагрів менше 70 С), або погіршенні якості бурякової стружки до 9...10 м/100г сита такої конструкції забиваються бракованими стружинками і не пропускають потрібну кількість екстрагенту, порушуючи режим роботи установки, що призводить до зменшення її продуктивності і отримання дифузійного соку низької концентрації ($\approx 13\%$ СР).

Для усунення такого недоліку в дипломному проекті запропоновано розділення потоку сокостружкової суміші після ошпарювача, який подається насосом в кількості 30...350 % на два потоки. Зменшити кількість цієї сокостружкової суміші неможливо, тому що насоси не зможуть її подавати. Надлишкова частина рідкої фази в нашому випадку відводиться в пристрій, розташованому під горизонтальним ситом. Пристрій являє собою циліндричну вертикальну решітку, в якій розміщено шнек. Через циліндричне сито відводиться частина соку, розвантажуючи горизонтальне сито.

Оскільки транспортуєча здатність стружки з відібраним екстрагентом зменшується, її поновлюють лопаті шнека, подаючи стружку з меншою кількістю води на горизонтальне сито.

1. Аналіз сучасних конструкцій колонних дифузійних апаратів

На цукрових заводах України та більшості європейських країн значного поширення набули одноколонні установки типу Буккау-Вольф, БМА, КДА та ЕКА [1]. У них, як і в ротаційних, попередня теплова обробка стружки здійснюється в окремих апаратах – ошпарювачах. Типова технологічна схема колонної дифузійної установки показана на рис. 1.1.

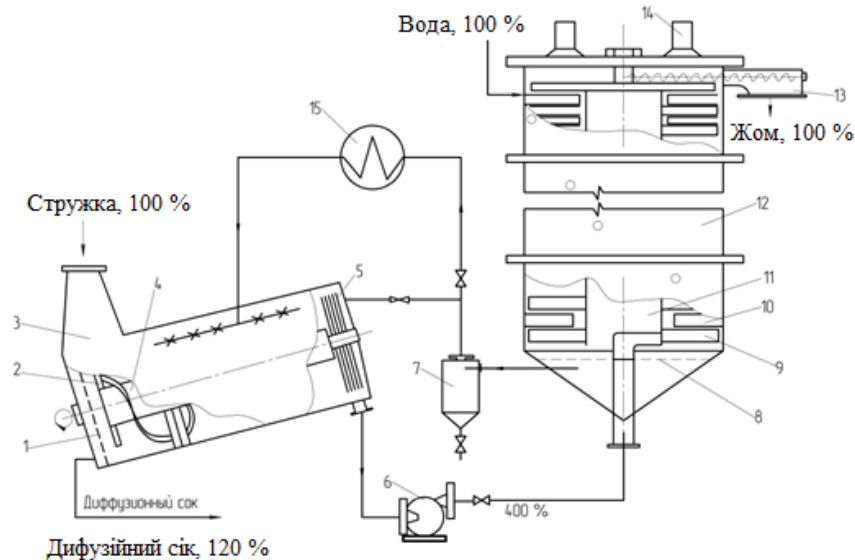


Рис. 1.1. Типова технологічно схема колонної дифузійної установки:

1 – лобове сито; 2 – скребки; 3 – ошпарювач; 4, 11 – трубовал; 5 – перемішуючий пристрій; 6 – насос сокостружкової суміші; 7 – піскоуловлювач; 8 – сито; 9 – лопати; 10 – контролопати; 12 – колона; 13 – шнек; 14 – привід трубовалу; 15 – нагрівник

Свіжа стружка з температурою 5...20 °С подається в шахту ошпарювача 3. При обертанні трубовалу 4 кріплення закріплені на ній скребки 2 очищають лобове сито 1, відновлюючи нормальні умови для фільтрування дифузійного соку, що відбирається на виробництво.

Розбавлена потоком соку, нагрітого до температури 75...78 °С, сокостружкова суміш насосом 6 подається в нижню частину колони 12, і над ситчастим поясом 8 поділяється на два потоки. Стружка лопатями 9, закріпленими на трубовалі 11, і контролопостями 10 піднімається вгору назустріч потоку екстрагента. Трубовал 11 обертається приводом 14 із частотою 0,2... 0,8 об/хв. Шнеком 13 знецукрена стружка, що містить 0,3 ... 0,4% цукрози до маси коренеплодів, що переробляються, вивантажується з колони.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва	200376.ДП.01.ПЗ			
	Документ затверджено	Аналіз сучасних конструкцій				

Сік, що подається в суміші зі стружкою насосом 6 змішується над ситчастим поясом з низькоконцентрованим соком, отриманим в колоні при екстрагуванні цукрози зі стружки водою. Суміш соків фільтрується через сито 8 і направляється в пісковловлювач 7.

Частина соку, очищеного від твердих домішок у полі відцентрових сил, надходить у підігрівач 15, нагрівається до температури 75...78 °С і через колектор вводиться в середню частину ошпарювача 3. Змінюючи на колекторі місце введення соку по довжині ошпарювача, його розділяють на три нерівні. Перша в кількості 120...125% протитечійно нагріває стружку і охолоджується до температури 35...40 °С, фільтрується через лобове сито 1 і як дифузійний сік відбирається на виробництво.

У середній частині ошпарювача відбувається прогрів стружки до температури 75...78 °С і потім сокостружкова суміш прямоютоком направляється в зону з перемішуючим пристроєм 5, звідки в кількості 400 % насосом подається в колону 12.

На ділянці ошпарювач - колона зі стружки вилучається 10 ... 15% цукрози.

Розглядаючи особливості здійснення процесу екстрагування в різних апаратах колонної дифузійної установки слід зазначити їхню взаємопов'язаність, умовність поділу типу процесів (прямотковий та протитечійний), їх тривалості. У технологічному потоці колона займає останнє місце і продуктивність установки визначають за вхідними та вихідними параметрами її роботи з урахуванням корисного обсягу, середньої величини питомого наповнення стружкою та тривалості перебування стружки в колоні.

1.1. Колонний дифузійний апарат ВМА та дифузійна установки

Колонний дифузійний апарат ВМА (Німеччина) складається з вертикального циліндричного корпусу з контрлопатями, транспортного валу з насадженими на нього транспортними та розподільними лопатями, приводу, розвантажувальних шнеків та нижньої частини з бічними ситами. Власне дифузійна камера з покращеною порівняно з попередніми моделями геометрією – це кільцевий простір між зовнішньою царгою та внутрішнім транспортним валом [2]. Однією з найбільш характерних рис колишньої конструкції колонного дифузійного апарату ВМА була відкачування дифузійного соку через донні та бічні сита. Максимальне навантаження на бічні сита становить приблизно 65 м³/[м²·год]. Ця величина обмежена пакетом, що знаходиться над ситом.

Як показали проведені експерименти, питома пропускна здатність бічних сит може бути (на відміну від донних сит) без особливих труднощів збільшено

до $200 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$. У новому колонному дифузійному апараті дифузійний сік відкачується лише через бічні сита абсолютно нової конструкції (рис. 1.2).

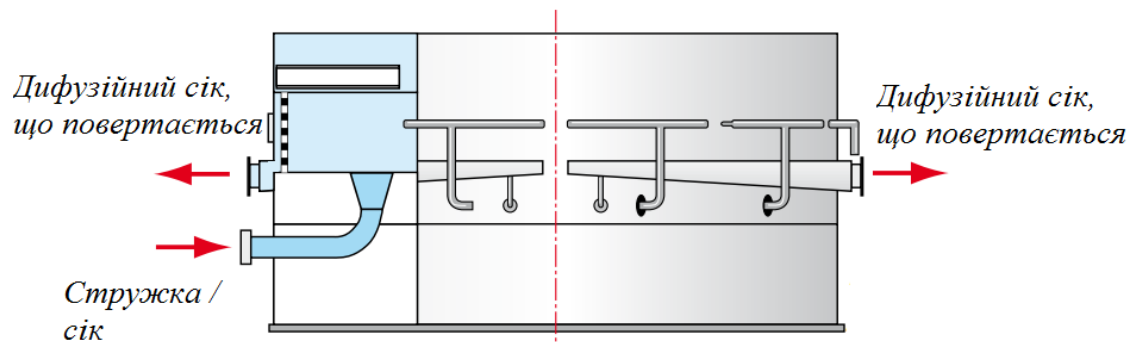


Рис. 1.2. Конструкція нижньої частини колонного дифузійного апарату ВМА

Підготовлена в протитечійному ошпарювачі сокостружкова суміш насосами для стружки перекачується до колонного дифузійного апарату і закачується в нього знизу через штуцер, що знаходиться в плиті днища, протилежно до напрямку руху потоку (напряму обертання). Великі розподільні лопаті забезпечують рівномірний розподіл стружки перерізу колони і її швидке переміщення вгору. Завдяки цьому на ділянці бічних сит утворюється зона, заповнена, головним чином, соком, що дозволяє робити його безперебійне відкачування.

Дифузійна установка ВМА з колонним дифузійним апаратом зображена на рис. 1.3 і працює наступним чином:

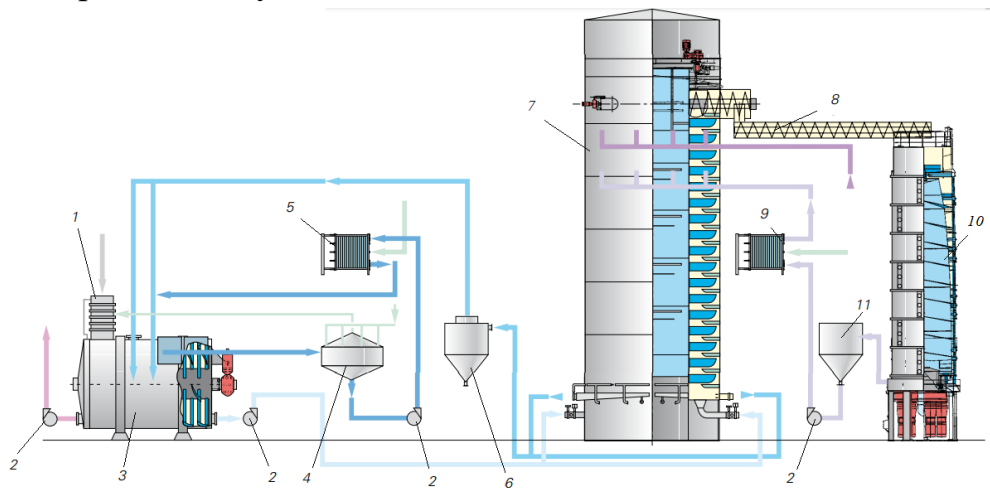


Рис. 1.3. Дифузійна установка ВМА з колонним дифузійним апаратом:

1 – завантажувальна шахта; 2 – насоси; 3 – ошпарювач; 4 – піногасник; 5 – підігрівач для соку; 6 – пісковловлювач; 7 – колонний дифузійний апарат; 8 – транспортуючий шнек; 9 – підігрівач жомопресової води; 10 – жомовий прес; 11 – ємність для жомопресової води

Вимиті та нарізані буряки подаються через завантажувальну шахту в протиточний ошпарювач 3. Тут стружка підігривається соком з дифузійного колонного апарату і стінки клітин готуються до виходу молекул цукру. Сокостружкова суміш, що одержується в протиточному ошпарювачі, перекачується насосами для стружки 2 з регульованим числом оборотів в нижню частину колонного дифузійного апарату 7.

У дифузійному апараті стружка за допомогою транспортних лопатей і контрлопатей щільним пакетом рівномірно переміщається вгору. У цей час відбувається екстрагування молекул цукру із клітин буряка. Екстрагована стружка вивантажується двома розвантажувальними шнеками 8 у верхньому кінці апарату та піддається механічному зневодненню в розташованих далі жомових пресах 10. Жомопресова вода, що отримується тут, з невеликим вмістом цукру повністю повертається в дифузійний апарат. Екстрагуюча рідина, що складається із свіжої та жомопресової води, подається в апарат окремо на двох різних рівнях. Вона стікає вниз протитечею до стружки, збагачуючись при цьому цукром через постійно наявні відмінності концентрацій. Одержаний при цьому сік відкачується в нижній частині дифузійного апарату через вбудовані по всьому периметру сита і після проходження піскоуловлювача 6 повертається до протитечійного ошпарювача.

Частина соку, що повертається, служить для приготування перекачуваної насосами сокостружкової суміші, інша частина проходить секцію теплообмінника в протиточному ошпарювачі, віддає значну частину свого тепла свіжій стружці і залишає ошпарювач через торцеві сита в якості так званої «холодної» дифузійної переробки.

1.2. Колонний дифузійний апарат «Buckau-Wolf» та дифузійна установка

У світі добре відомі колонні дифузійні установки системи «Buckau-Wolf» [3], конструкцію яких за минулі 60 років було значно вдосконалено із збільшенням одиничної продуктивності у 8-10 разів (рис. 1.4). У 1957-1960 р.р. партію таких дифузійних установок було поставлено в Україну на цукрові заводи: Саливінківський, Миронівський, Красненський, Куп'янський, Зарожанський, Волочиський. Деякі з цих дифузійних установок працювали до 1990-х років.

Коли перед спеціалістами постала задача впровадження на Жердєвському цукровому заводі нової дифузійної установки, було проведено всебічний аналіз техніко-економічних показників обладнання різних марок, яке запропонували декілька постачальників. У кінцевому результаті було

обрано сумісну пропозицію від французької фірми «MAGUIN SAS» та української ТОВ «ТЕПЛОКОМ» [4].

«MAGUIN SAS» володіє правами та «ноу-хау» на проектування, виготовлення та постачання колонних дифузійних установок системи «Buskau-Wolf» в усьому діапазоні типорозмірів. В обов'язки ТОВ «Теплоком» входив комплекс інжинірингових та монтажних робіт та поставка комплекту обладнання для інтеграції нової дифузійної установки продуктивністю 6000 т/добу в існуючу технологічну схему Жердевського цукрового заводу. Така схема реалізації проекту дозволила значно зекономити час та кошти.

Дифузійна установка забезпечує ефективне здійснення усіх стадій процесу екстракції цукру з буряків відповідно до принципів сучасної технології.

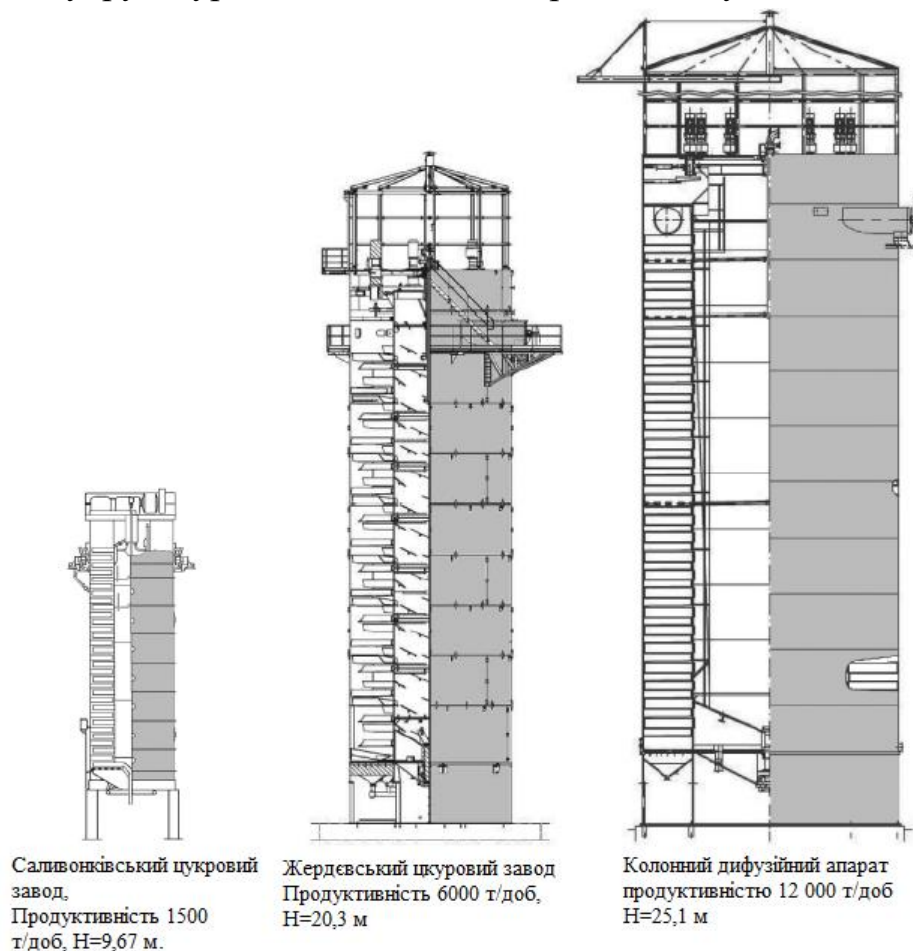


Рис. 1.4. Колонні дифузійні апарати системи «Buskau-Wolf»

Протитечійний теплообмін між буряковою стружкою і дифузійним соком, що відбирається з дифузійної установки, відбувається в першій частині ошпарювача протягом 12-14 хв. Рівномірність розподілення стружки забезпечується конструкцією ошпарювача: вага стовпу стружки у високій вертикальній завантажувальній шахті створює тиск, який є необхідним для щільного заповнення транспортуючого багатозаходного шнеку. Витки шнеку

через певні проміжки чергуються з рядами нерухомих контролопатеї. Така транспортно-мішальна система розділяє усю масу стружки на шари, що перекривають увесь поперечний переріз корпусу. Тому дифузійний сік, фільтруючись в напрямі лобового сита, омиває кожну частинку в усій масі стружки. Як результат - стружка отримує 75-80% необхідного тепла і поступає в другу частину ошпарювача.

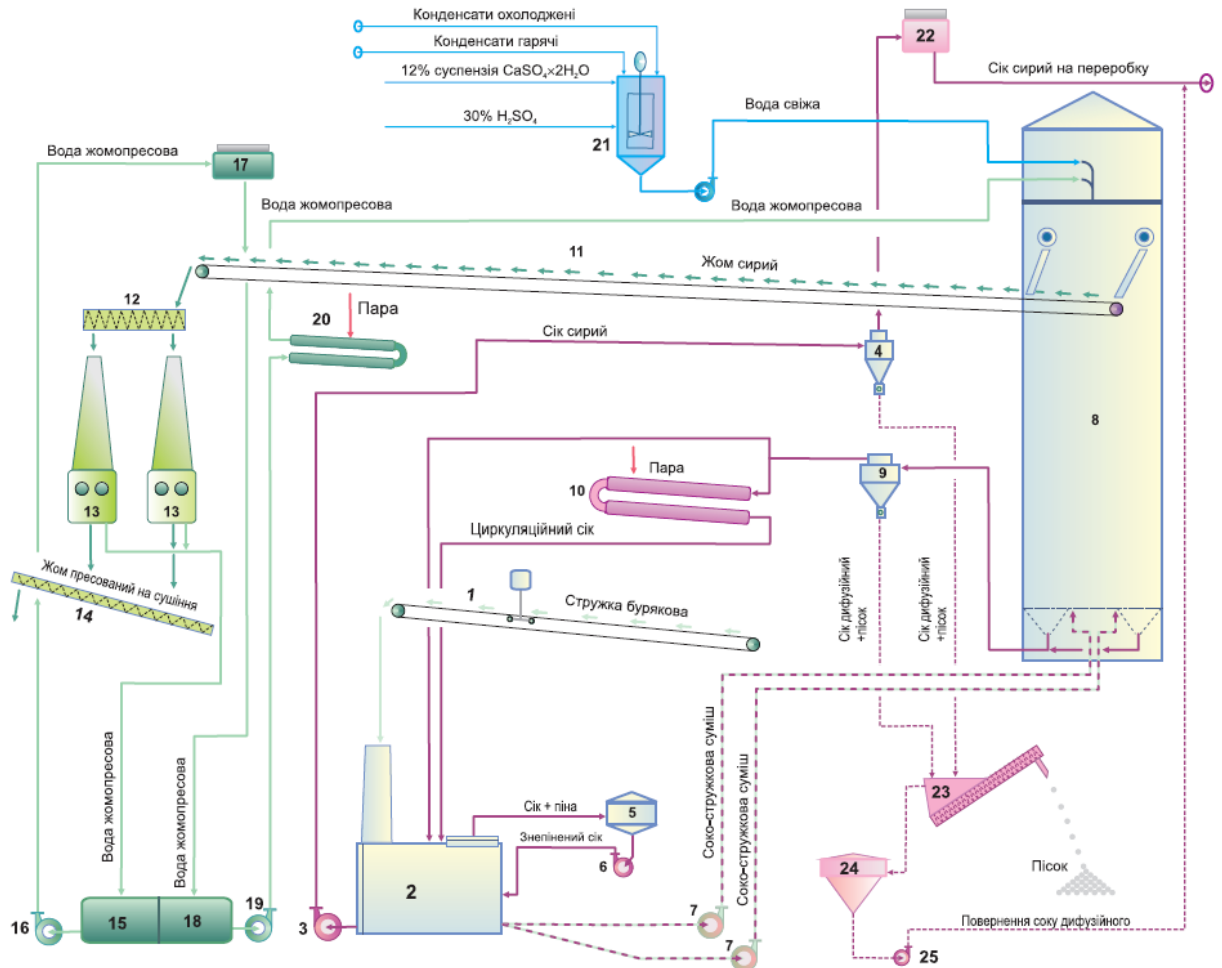


Рис.1.5. Принципова схема колонної дифузійної установки:

1- Стрічковий транспортер з вагами стружки; 2 - Ошпарювач протитечійний; 3 - Насос сирого соку; 4 - Гідроциклон сирого соку; 5 - Збірник-піногасник; 6 - Насос контуру піногашення; 7 - Насос соко-стружкової суміші; 8 - Колонний дифузійний апарат; 9 - Гідроциклон циркуляційного контуру; 10 - Підігрівач циркуляційного соку; 11 - Транспортер сирого жому; 12 - Шнек-розподільвач жому; 13 - Прес "Vabbini"; 14 - Шнек транспортування пресованого жому; 15 - Збірник жомопресової води; 16 - Насос жомопресової води; 17 - Мезговловлювач жомопресової води; 18 - Збірник жомопресової води; 19 - Насос жомопресової води; 20 - Підігрівач жомопресової води; 21 - Реактор підготовки свіжої води; 22 - Мезговловлювач сирого соку; 23 - Шнек-класифікатор; 24 - Збірник переливу; 25 - Насос дифузійного соку

В другій зоні ошпарювача протягом 3,0-3,5 хвилин при повільному перемішуванні у великому об'ємі підігрітого циркуляційного соку завершується підготовка стружки. Завершальний нагрів стружки до заданої температури

(зазвичай 66-70°C) відбувається в режимі проточності – температури соку і стружки практично зрівнюються.

Завантаження стружки у колону та її розподілення здійснюється гідравлічним способом. Сокостружкова суміш, відібрана з ошпарювача, розділяється на два рівних потоки і двома насосами нагнітається в кільцевий колектор, який розташований у днищі трубовалу колонного дифузійного апарату. З кільцевого колектора сокостружкова суміш виходить через горизонтальні канали, що прилягають до поверхні ситового поясу колони.

Стружка в апараті виконує складний рух: під дією лопатей вона рухається по колу і, взаємодіючи з похилими робочими поверхнями лопатей і контрлопатей, піднімається вгору. Середня розрахункова вертикальна швидкість стружки 0,0020-0,0025 м/с.

Рідина у колоні фільтрується під дією гравітації, швидкість фільтрації регулюється відбором соку із колони та становить 0,0045-0,0056 м/с.

2. Техніко-економічне обґрунтування конструктивної розробки

Дифузійний апарат є саме тим обладнанням цукрового заводу, яке визначає його потужність та продуктивність. Як правило, дифузійний апарат на цукровому заводі є в одиничному екземплярі.

До дифузійних установок безперервної дії висувалися такі основні вимоги [5]:

- знецукровування якнайтоншої бурякової стружки з рівномірним її омиванням екстрагентом;
- суворий протиточний рух бурякової стружки та соку з мінімізацією рециркуляційних потоків стружки та соку;
- мінімальні втрати цукру в жому при максимальній концентрації дифузійного соку;
- висока чистота дифузійного соку.

Колонні дифузійні установки мають наступні переваги: займають невелику виробничу площу, дозволяють підтримувати високе питома навантаження робочого об'єму стружкою, мають високий коефіцієнт заповнення колони, відрізняються великою експлуатаційною стабільністю, дозволяють отримати дифузійний сік низької температури.

Однак на їх роботу сильно впливає якість переробленої стружки, малий відбір соку через горизонтальне сито колони (при відсутності додаткових бічних), зниження термостійкості соку за рахунок його значних рециркуляційних потоків, погіршення технологічних показників при роботі з продуктивністю менше номінальної та ін.

Відомо, що найбільша ефективність дифузії в колонній дифузійній установці спостерігається у вересні. Потім відбувається її зниження і вона практично не змінюється до кінця сезону. [6].

Цю проблему пов'язували із конструктивними особливостями апаратів колонного типу. Найкраща екстракція досягається при високому (700 кг/м^3) питомому наповненні робочого об'єму колонки стружкою, яке регулюється варіюванням швидкості обертання трубовалу та зміною рівня рідини в колоні. Для ритмічної роботи дифузійного апарату та підтримки оптимального рівня питомого навантаження необхідно також забезпечити хорошу фільтрацію соку (не менше 300...350 % до маси буряків) через ситовий пояс колони. Обидві умови для більшості колонних апаратів виконуються тільки в початковий період виробництва, коли бурякова стружка має високу пружність [7].

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна		Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва		200373.ДП.02.ПЗ			
	Документ затверджено	Техніко-економічне обґрунтування					

На початку жовтня пружність стружки знижується, і фільтрація соку ускладнюється. Тоді працюють при підвищених швидкостях обертання трубовалу, аби ситоочисники могли підтримувати на достатньому рівні фільтруючу здатність сит. Однак при цьому питоме наповнення колони знижується до 500-600 кг/м³, посилюється поздовжнє перемішування стружки, і знижується ефективність екстракції. [7].

В дипломному проекті запропоновано конструкційну розробку розділення потоку сокостружкової суміші після ошпарювача, який подається насосом в кількості 30...350 % на два потоки. Зменшити кількість цієї сокостружкової суміші неможливо, оскільки це унеможливить роботу насосів сокостружкової суміші. Надлишкова частина рідкої фази в нашому випадку відводиться в через ситову перегородку завантажувального пристрою колонного дифузійного апарату, розташованому під горизонтальним ситом. Пристрій являє собою циліндричну вертикальну решітку, в якій розміщено шнек. Через циліндричне сито відводиться частина соку, розвантажуючи горизонтальне сито. Оскільки транспортуєча здатність стружки з відібраним екстрагентом зменшується, її поновлюють лопаті шнека, подаючи стружку з меншою кількістю води на горизонтальне сито.

3. Технологічна характеристика дифузійного соку та сокостружкової суміші

Класична схема добування дифузійного соку передбачає теплове оброблення сокостружкової суміші в ошпарювачі при температурі близько 85°C із наступним екстрагуванням у режимі 75°C [8].

Сокостружкова суміш утворюється при постійному завантаженні в екстрактор (для колонних дифузійних установок – в ошпарювач) бурякової стружки та безперервної подачі живильної води (екстрагента) у кількості 100...110 % до маси стружки. При цьому бурякова стружка та екстрагент переміщуються протиточно.

Якість бурякової стружки, що в складі сокостружкової суміші подається в колонний дифузійний апарат є одним з вирішальних факторів що впливає на ефективність його роботи. Якість бурякової стружки оцінюється за трьома факторами:

довжина 100 г наважки;

шведський фактор - відношення у пробі стружки маси стружки довжиною більше або дорівнює 5 см до маси стружки довжиною менше 1 см;

вміст браку.

Для **визначення поверхні екстрагування** стружки визначають довжину 100 г стружки. Наважка стружки 50 г розкладається на рифленій дошці довжиною 1 м. Кількість викладених на дошці метрів перераховується на 100 г стружки. Від довжини 100 г стружки залежать площа поверхні поділу фаз між стружкою та екстрагентом та максимальний шлях, який проходять молекули сахарози під час екстрагування їх зі стружки в екстрагент, від середини стружки до її поверхні [9]. Зі збільшенням довжини 100 г стружки збільшується поверхня поділу фаз та зменшується довжина максимального шляху, який проходять молекули сахарози від середини стружки до її поверхні. Таким чином для підвищення швидкості видобування сахарози зі стружки необхідно збільшувати довжину 100 г стружки.

Для **визначення шведського фактора стружки** зважують 100 г стружки на технічних терезах. Відбирають і зважують стружку, довжина якої 5 см і більше, а окремо – стружку, коротшу 1 см. Зважують і обраховують відношення першої маси до другої.

Брак – дрібні шматочки стружки, які при потраплянні в дифузійний апарат збільшують опір проходженню екстрагента та утворюють зони, куди екстрагент

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Технологічна характеристика	200376.ДП.03.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

не проникає. Наслідком цього є нерівномірне проходження екстрагента по перерізу апарата та підвищення втрат сахарози в жомі. Окрім цього зменшується відкачка дифузійного соку та зростають втрати сахарози в жомі.

Перед фільтраційним ситом, через яке відбирається (фільтрується) дифузійний сік, тверда фаза сокостружкової суміші містить завантажену в екстрактор вихідну бурякову стружку з частинками пульпи і зеленої маси, а також частинки пульпи, утворені в результаті подрібнення стружки транспортною системою екстрактора виносяться потоком екстрагента із ближніх зон екстрагування до фільтраційного сита [1].

Рідка фаза такої сокостружкової суміші містить сахарозу і розчинні нецукри, що перейшли в неї разом з клітинним соком з механічно пошкоджених зовнішніх клітин, екстрагуванням з внутрішніх клітин стружки, а також віджимання соку внаслідок стиснення шарів стружки під дією транспортної системи.

По висоті екстрактора склад рідкої фази, а також склад та розміри твердої фази сокостружкової суміші істотно змінюються. При переміщенні стружки від місця її завантаження до місця вивантаження вміст у ній сахарози і нецукрів поступово знижується, зменшується середній розмір стружинок, збільшується вміст пульпи (за рахунок дроблення стружки, повернення пульпи, що відділяється при фільтруванні дифузійного соку на пульпоуловлювачах, і пульпи, повертається водою).

В результаті на виході з екстрактора знецукрена стружка (жом) має вигляд окремих частинок рослинних тканин розміром 10...50 мм та частинок пульпи (дрібні частинки розміром до 0,5 мм).

Апаратурно-технологічна схема одержання дифузійного соку на колонних дифузійних установках включає попередню теплову обробку бурякової стружки в ошпарювачах з лопатевою або шнековою транспортною системою при середньому питомому наповненні їх об'єму 600...650 кг/м³, отримання сокостружкової суміші у співвідношенні ~ 3:1 і подачу її частиною (рис. 3.1).

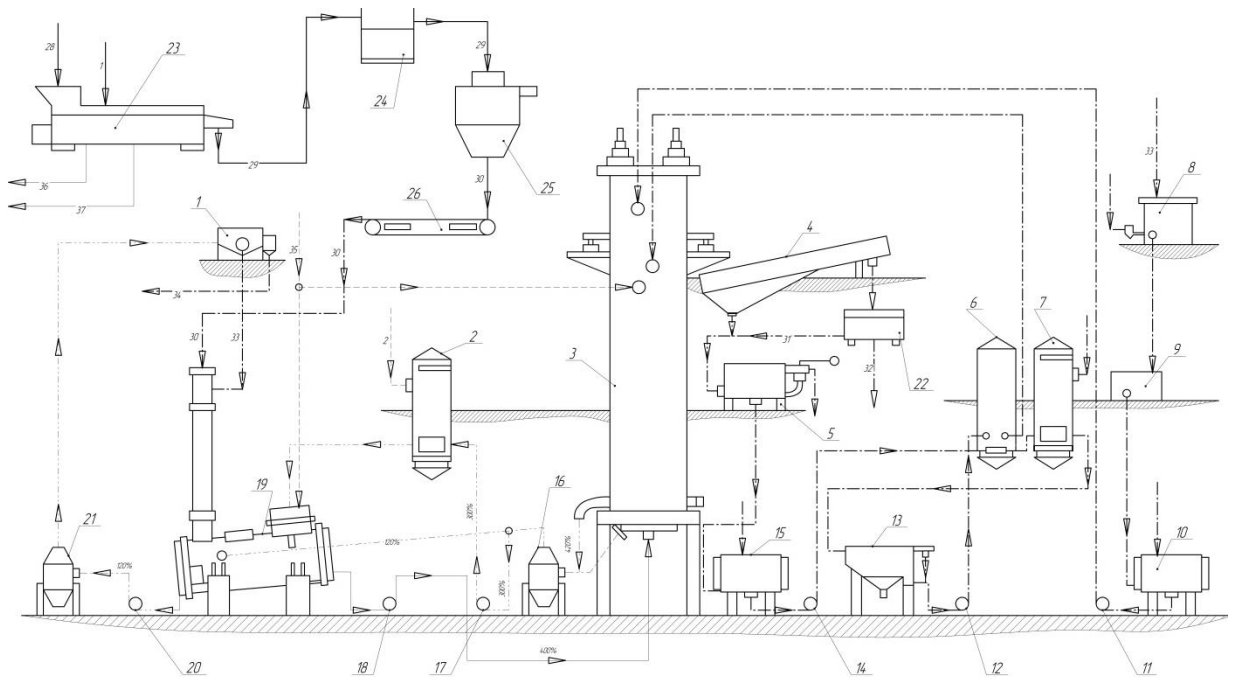


Рис. 3.1. Апаратурно-технологічна схема дифузійного відділення з колонним дифузійним апаратом

У ошпарювачі колонних установок надходить стружка, довжина 100 г якої становить 11...13 м, перемішується при температурі 70...75 °С і переміщається вздовж ошпарювача протягом 13...19 хвилин. За цей час шведський фактор зменшується з 10...12 до 3...4 одиниць.

У нижній частині колонних апаратів розміщуються сита різної конструкції. У більшості з них це горизонтальне нерухоме сито з щілинними отворами, що розширюються у напрямку рухів соку. На початку ширина щілини становить 1,9 мм, на виході – 2,8 мм. В інших конструкціях апаратів є вертикальні бічні сита з подібними розмірами отворів.

Рідка фаза сокостружкової суміші над ситами змішується з потоком екстрагента, що рухається зверху вниз протиточно руху стружки. Він теж несе мезгу, що утворилася в результаті механічного впливу на стружку лопатей, контрлопатей і взаємодії між шарами стружки, що переміщаються. Періодичні стиснення шарів з подальшою релаксацією напруженого стану сокостружкової суміші сприяють утворенню мезги, що забиває порові канали і шаром, що відноситься, в хвостову частину екстракторів. У рухомих шарах суміші при питомому наповненні до 600 кг/м³ канали можуть частково відкриватися і частина мезги виноситься екстрагентом головну частину.

Забезпечення швидкості фільтрування екстрагента через шар стружки в межах 2...4 см/с виключає його рециркуляцію, збільшує масовіддачу, забезпечує стабільне переміщення стружки та формування гідродинамічних умов, що сприяють рівномірному розподілу твердої фази перетину потоків. Останнє виключає появу застійних зон та забезпечує стабільний відбір соку.

Проходячи через сита з отворами зазначених розмірів частинки стружки менших розмірів та мезги у складі дифузійного соку прямують на ротаційні пульпоуловлювачі. При фільтруванні екстрагента через обертові сита пульпоуловлювачів утворюється додаткова кількість мезги внаслідок зрізання очисними пристроями стружинок, що застрягли в отворах або щілинах ситових пристроїв [1].

Кількість мезги в дифузійних соках, отриманих з дифузійних установок різних типів, залежить від якості стружки, конструкцій ситових пристроїв і коливається в широких межах – 4...15 г/дм³. Дифузійний сік такої якості повинен піддаватися додатковому фільтруванню. Після пульпоуловлювачів вміст мезги в ньому не повинен перевищувати 1,0 г/дм³.

4. Будова та принцип роботи модернізованого колонного дифузійного апарату

Загальний вигляд модернізованого колонного дифузійного апарату наведено на рис. 4.1.

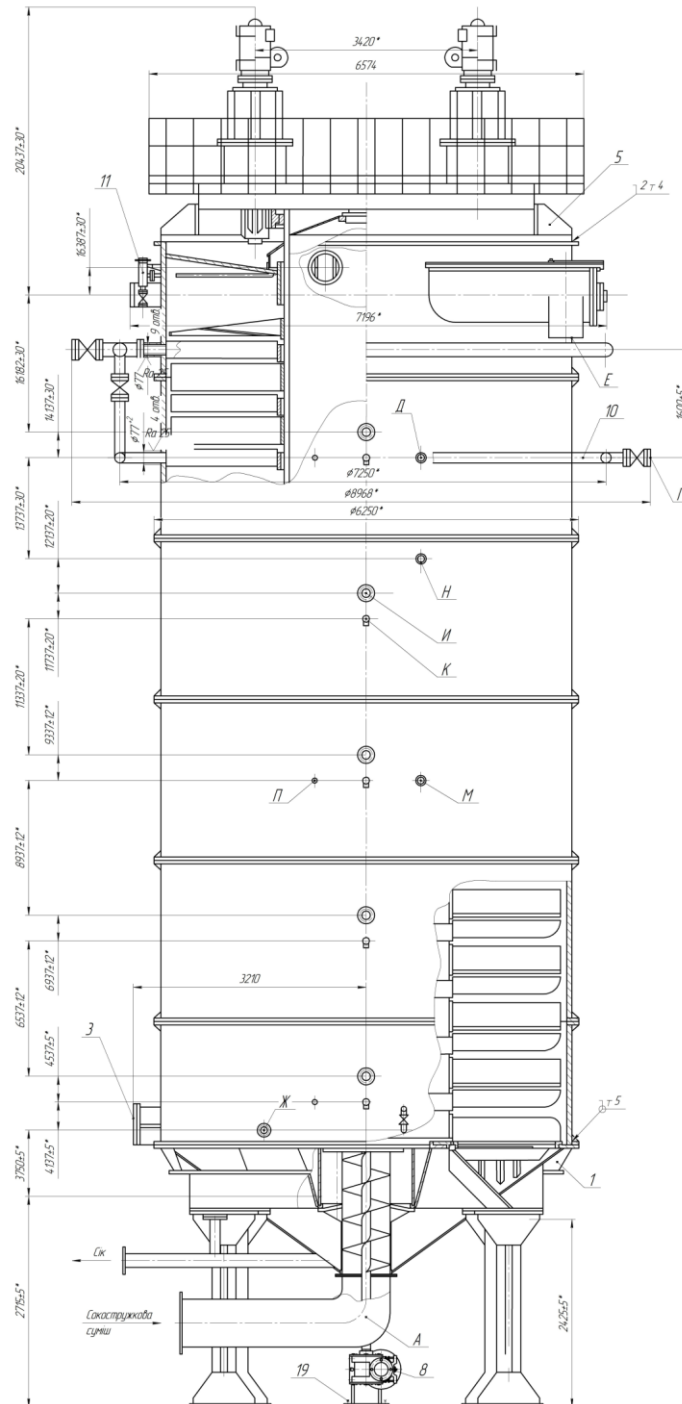


Рис. 4.1. Загальний вигляд модернізованого колонного дифузійного апарату:

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Будова та принцип роботи	200376.ДП.04.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

У верхню частину колони надходить екстрагент (близько 100% до маси буряків) - жомопресова та свіжа вода. Рідина, переміщуючись у міжстружковому просторі апарату, насичується цукром і у вигляді дифузійного соку видаляється з апарату. У дифузійний апарат надходять сокостружкова суміш із ошпарювача - близько 40%, аміачна вода - 60% і жомопресова вода - 40% до маси буряків, що переробляються.

У середньому кількість жому, що видаляється з апарату, становить 80% до маси буряків. З апарату відбирається дифузійного соку 425% до маси буряка, що переробляється. І з цієї кількості близько 325-360% соку знаходиться в циркуляційному контурі установки, який використовується для підігріву бурякової стружки. (близько 135 %)

Всередині корпусу колонного дифузійного апарату до верхньої опори підвішений трубовал, складений з окремих секцій, по висоті якого кріпляться лопаті. На внутрішній поверхні корпусу встановлені контрлопаті. Лопаті та контрлопаті встановлюють у різних площинах, для того щоб вони не заважали один одному при обертанні валу. Лопаті та контрлопаті розпушують стружку і допомагають її переміщенню знизу вгору.

Сокостружкова суміш з ошпарювача надходить від насоса розподільник і рівномірно розташовується на поверхні горизонтального сита. Для видалення жому з апарату у верхній частині є спеціальний вивантажувальний пристрій.

Робота апарату полягає в наступному. Ошпарену бурякову стружку з ошпарювача насосом подають у нижню частину апарату. Напір насоса і підйомна сила розподільника і лопатей транспортуючого пристрою піднімають стружку в колоні.

Трубовал лопатевого пристрою має діаметр, рівний 1/3 діаметра корпусу апарату. Завдяки цьому зменшується різниця між окружними швидкостями на кінці лопаті та біля зовнішньої поверхні валу, що забезпечує більш рівномірне переміщення бурякової стружки по перерізу апарату. Лопатевий вал складається з окремих секцій, з'єднаних за допомогою фланців та болтів. Вал герметизований прокладками. Для збільшення жорсткості валу в кожній секції встановлені розпірки. На валу знаходяться лопаті. Нахил лопат до горизонтальної площини становить 20°. Розташування лопат на валу показано на розгортці валу. Для збільшення жорсткості лопать забезпечена ребрами 8 і 9. Лопатевий вал у верхній частині має цапфу 11, за допомогою якої він встановлюється в опорно-підвісній головці дифузійного апарату. У нижній частині за допомогою гнізд 7 вал з'єднується з порожнистим центральним валом. Для зручності монтажу валу є скоби.

В нижній частині апарату в перфорованому корпусі встановлено завантажувальний шнек з окремим приводом, що подає сокостружкову суміш в об'єм апарату. (рис. 4.2).

Вал зі шнеком завантажуючого пристрою 11 рівний 1/3 циліндричного сита 12.

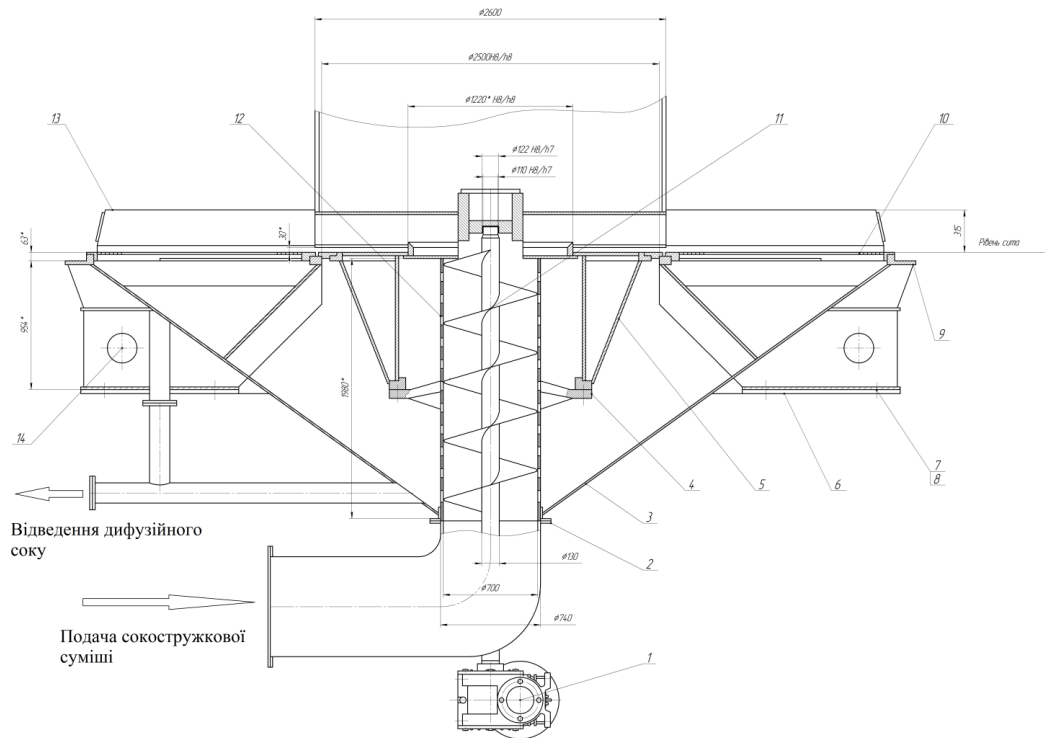


Рис. 4.2. Завантажувальний пристрій:

- 1 – привід; 2 - фланець; 3 – конічне днище; 4 – стакан; 5 – верхній конус;
6 – опора; 7,8 – елементи кріплення; 9 – кільце; 10 – горизонтальне сито;
11 – шнек; 12 – циліндричне сито; 13 – рухомі ситчасті лопаті

Її діаметр такий самий, як і діаметр патрубка подачі сокостружкової суміші. Патрубок подачі суміші і циліндричне сито з'єднані фланцем 2. Рух шнека забезпечується окремим приводом 1.

Конструкція завантажувального пристрою дозволяє віджимати сокостружкову суміш в процесі завантаження, що підвищує її питоме навантаження та як наслідок призводить до покращення роботи апарату. Таке конструкційне виконання завантажувального пристрою в колонних дифузійних апаратах дозволяє зменшити величину перепаду питомого навантаження сокостружкової суміші по висоті колони, зменшити інтенсивність перемішування шарів стружки, навантаження на ситовий пояс, та збільшити продуктивність колони.

Нижня частина дифузійного колонного апарату складається з днища, що має верхній 3 і нижній 4 конуси, верхньої і нижньої опор, завантажувального

пристрою, двох ситчастих рухомих лопатей, розподільника стружки 10 і горизонтального сита, набраного з окремих секцій.

Рухома ситчата лопать (рис. 4.3.), складається з каркаса 1, звареного зі сталевих листів, ребер жорсткості 2 і 4, ножів 5, що встановлені у підставі 3, ситчастої поверхні 6 і пластини 7 за допомогою якої сито кріпиться до лопатевого валу 8 дифузійного апарату [10]. Сік відводиться через отвір. Фільтрувальні сита виготовлені з пластин листової сталі товщиною 8 мм, в яких зроблені конічні отвори; менший діаметр отворів дорівнює 3 мм, більший – 4,5 мм. Живий переріз сит становить 21,3%, загальна площа двох лопатей, що обертаються, дорівнює 3,5 м².

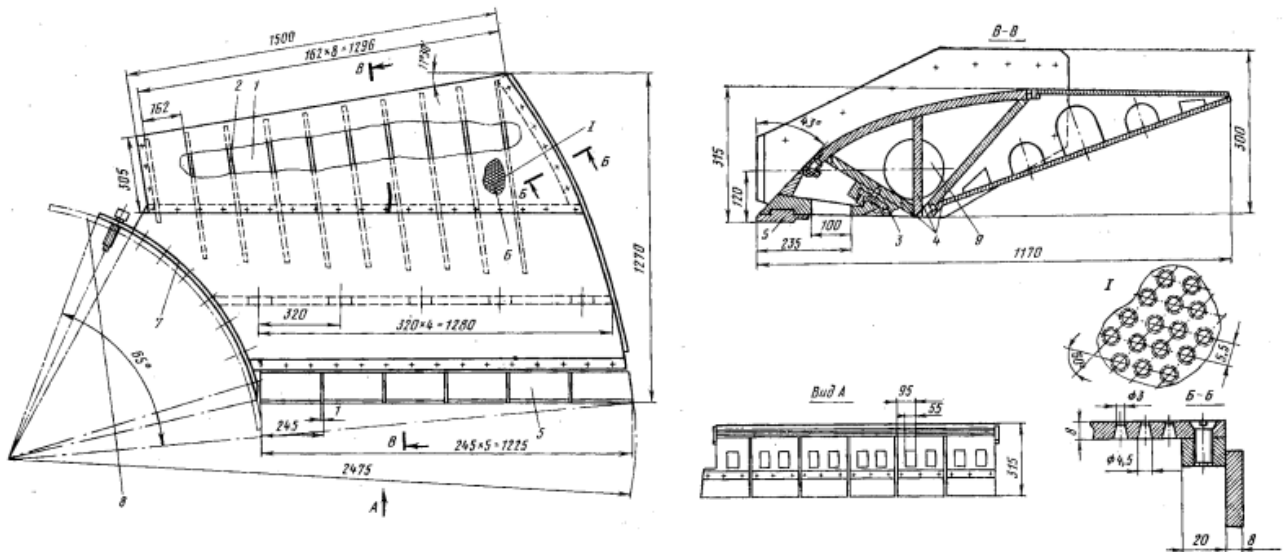


Рис. 4.3. Рухома ситчата лопать:

- 1 – каркас; 2, 4 – ребра жорсткості; 3 – основа; 5 – ножі; 6 – ситчата поверхня;
7 – пластина; 8 – вал

Сита на каркасі розміщують таким чином, щоб отвори з меншим діаметром входив сік. У передній частині каркаса обертової ситчастої лопаті встановлені латунні ножі, що очищають горизонтальне сито. Горизонтальне нерухоме сито складається з окремих секцій. (рис. 4.4).

Секція має рамку 1, в пази 2 якої вкладають і приварюють стрижні сита 3. Перш ніж укласти і приварити стрижні, на них навивають дрот 4 трапецієподібного перерізу. Таким чином, у ситі утворюються щілини, що розширюються по ходу руху соку. Спочатку ширина щілини становить 1,9 мм і на виході соку – 2,8 мм. Таке сито є саморегенеруючим. Живий переріз становить 33 %. Для надання сити жорсткості під його стрижнями встановлюють ребра. Їх приварюють до передньої та задньої стінок каркасу та витків дроту на стрижнях уривчастим швом. Стрижні та дрот сит виготовляють із нержавіючої сталі марки 1X18Н9Т, рамку сита та ребра — із вуглецевої сталі Ст. 3 [10].

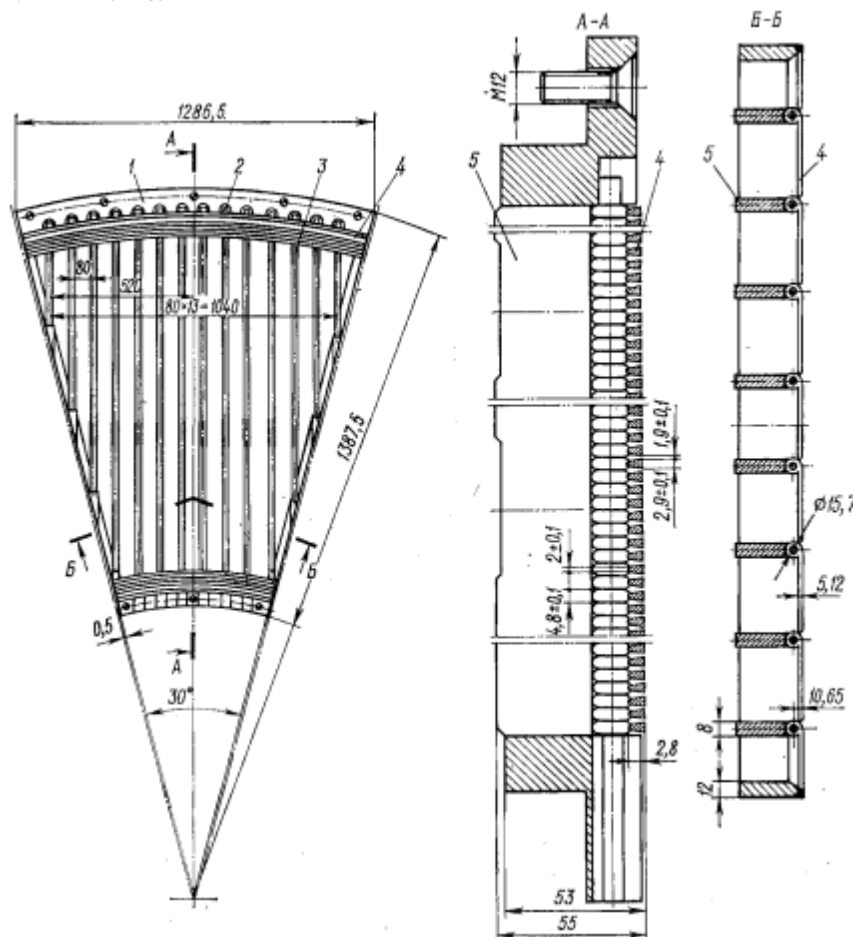


Рис. 4.4. Горизонтальне сито:

1 –рама; 2 –пази; 3 – стержні; 4 – дріт; 5 - ребра

Трубовал лопатевого пристрою має діаметр, рівний $1/3$ діаметра корпусу апарату. Завдяки цьому зменшується різниця між коловими швидкостями на кінці лопаті та біля зовнішньої поверхні валу, що забезпечує більш рівномірне переміщення бурякової стружки по перерізу апарату. Лопатевий вал складається з окремих секцій, з'єднаних за допомогою фланців та болтів. Вал герметизований прокладками [10].

Для збільшення жорсткості валу в кожній секції встановлені розпірки. На валу знаходяться лопаті. Нахил лопатей до горизонтальної площини становить 20° . Для збільшення жорсткості лопать оснащена ребрами.

Лопатевий вал у верхній частині має цапфу, за допомогою якої він встановлюється в опорно-підвісній головці дифузійного апарату. У нижній частині за допомогою гнізд вал з'єднується з порожнистим центральним валом. Для зручності монтажу валу є скоби [10].

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Вихідні дані

Вміст цукру в буряках, %	14,0
Втрати цукру в жомі, максимальні %	0,3
Довжина 100 г стружки, м	12
Величина відкачування диф. соку до маси буряків, %	120
Температура відкачування соку, t_0 , °C	75
Вміст СР у віджатому жомі, %	16
Кількість жому на виході з апарату, кг	80
Температура жому на виході, $t_{ж}$, °C	65
Температура жомопресової води, $t_{жв}$, °C	74
Температура аміачної води, °C	65

5.1. Технологічні розрахунки

За даними П.М. Сіліна [9], у віджатому жомі міститься: м'якоть буряку (5 кг) і близько 0,5 кг цукру і нецукрів, тобто близько 5,5 кг сухих речовин на 100 кг буряків. Маса жому при вмісті в ньому 16 % СР, відповідно складає:

$$m_{жс} = (5,5 \cdot 100) / 16 = 34 \text{ кг.}$$

Маса соку у віджатому жомі:

$$m_c = 34 - 5 = 29 \text{ кг.}$$

Маса віджатої жомопресової води:

$$m_{жсп} = 80 - 34 = 46 \text{ кг.}$$

Кількість води необхідної для дифузії знайдемо з матеріального балансу апарата (рис. 5.1), складеного на 100 кг перероблюваної стружки.

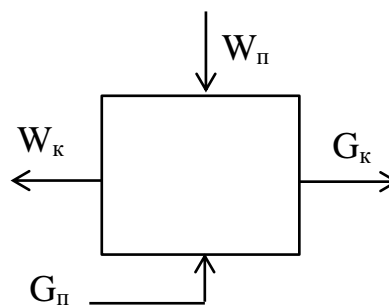


Рис. 5.1. Схема для розрахунку матеріального балансу

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва РОЗРАХУНКОВА	200376.ДП.05.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

$$G_n + W_n = W_k + G_k \quad (5.1)$$

де G_n – маса бурякової стружки, кг; W_n – маса жомопресової та аміачної води W_k – маса соку який відкачується, кг; G_k – маса жому, що вивантажується з апарату, кг.

$$100 + (x + 46) = 120 + 80$$

$$x = 120 + 80 - 100 - 46 = 54 \text{ кг}$$

Таким чином, при обігові жомової води в кількості 46 кг на 100 кг стружки потрібно 54 кг аміачної води.

5.2. Тепловий розрахунок апарату

Для визначення кількості теплоти процесу дифузії, складемо тепловий баланс апарату на 100 кг стружки [9].

Подача тепла:

1) бурякова стружка: 100 кг з температурою 10°C і теплоємністю $3,771 \cdot 10^3$ Дж/кг

$$k \cdot Q_{стр} = 100 \cdot 10 \cdot 3,771 \cdot 10^3 = 3,78 \cdot 10^6 \text{ Дж},$$

2) жомопресова вода: 46 кг з температурою 74°C і теплоємністю $4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг

$$k \cdot Q_{жв} = 46 \cdot 74 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 14,26 \cdot 10^6 \text{ Дж},$$

3) аміачна вода: 54 кг з температурою 65°C і теплоємністю $4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг

$$k \cdot Q_{ам.в} = 54 \cdot 65 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 14,71 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Витрати тепла:

1) дифузійний сік: 120 кг з температурою 75°C і теплоємністю $3,771 \cdot 10^3$ Дж/кг

$$k \cdot Q_c = 120 \cdot 75 \cdot 3,771 \cdot 10^3 = 33,49 \cdot 10^6 \text{ Дж},$$

2) жом: 80 кг з температурою 65°C і теплоємністю $4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг:

$$k \cdot Q_{ж} = 80 \cdot 65 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 21,79 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Баланс:

$$Q_{стр} + Q_{жв} + Q_{ам.в} + x = Q_c + Q_{ж}$$

$$x = 3,78 \cdot 10^6 + 14,26 \cdot 10^6 + 14,71 \cdot 10^6 - 33,49 \cdot 10^6 - 21,79 \cdot 10^6 = 22,53 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}$$

5.3. Розрахунок потужності апарата

Корисний об'єм апарата:

$$V = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot H = 0,785 \cdot (6,125^2 - 2,6^2) \cdot 12 = 289,718 (\text{м}^3).$$

D – зовнішній діаметр апарата, м;

d – зовнішній діаметр трубовала, м

H – корисна висота апарату, м

Потужність апарата:

$$Q = \frac{24 \cdot 60 \cdot V \cdot q}{1000 \cdot \tau} = \frac{60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 289,7 \cdot 650}{1000 \cdot 4600} = 3536,86 (\text{т} / \text{доб})$$

де $q = 600-750 \text{ кг/м}^3$, – маса стружки в одиниці корисного об'єму апарата;

$\tau = 4000-4800$ секунд, - час дифузювання.

Вважаємо, що при вихідних даних потужність складає $Q = 3500 \text{ т/добу}$ з переробки буряків.

5.4. Розрахунки міцності окремих деталей

Крутний момент, який передається болтовим з'єднанням окремих секцій трубовалу між собою [11]:

$$M_k = \frac{d}{2} n_1 \cdot 0,785 d_1^2 [\tau] + \frac{d}{2} n_2 \cdot 0,785 d_2^2 [\sigma] f \geq M;$$

де $d = 2,275$ м – діаметр кола розміщення болтів;

$n_1 = 16$ – кількість болтів, встановлених без зазора;

$d_1 = 0,032$ м – діаметр особливого болта в місці зрізу;

$[\tau] = 1200 \cdot 10^5$ Па – гранично допустиме напруження зрізу;

$n_2 = 32$ – кількість болтів, які поставлені із зазором;

$d_2 = 0,0207$ м – внутрішній діаметр болтів із зазором;

$[\sigma] = 1000 \cdot 10^5$ Па – гранично допустиме напруження на розтяг при затягуванні болтів, що поставлені із зазором [ДБН В.2.3-26:2010];

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя в стику з'єднання;

$M = 707000$ Н · м – максимальний крутний момент, який передається приводом на трубовал.

$$M_k = \frac{2,275}{2} \cdot 16 \cdot 0,785 \cdot 0,032^2 \cdot 1200 \cdot 10^5 + \frac{2,275}{2} \cdot 32 \cdot 0,785 \cdot 0,0207^2 \cdot 1000 \cdot 10^5 \cdot 0,1 = 18,7 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м} > 7,07 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Згинальний момент в лопаті вертикального дифузійного апарату розраховується за формулою [11]:

$$M_{зг} = \sigma \cdot W = 103000 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$\sigma = 320 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – максимально допустиме напруження в лопаті, прийняте НДІ [ДБН В.2.3-26:2010];

$$W = 3231 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ – момент опору лопаті.}$$

Напруження виникаюче в зварному шві приварки лопаті до кінцевої пластини:

$$\tau_{ш} = \frac{M_{зг}}{0,7 \cdot W_{ш}} \leq [\tau_{ш}];$$

$$W_{ш} = 3590 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ – момент опору зварного шва};$$

$$[\tau_{ш}] = 750 \cdot 10^5 \text{ Па – допустиме напруження на зріз шва.}$$

$$\tau_{ш} = \frac{103000}{0,7 \cdot 3590 \cdot 10^{-6}} = 410 \cdot 10^5 \text{ Па} < 750 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Напруження в зварному шві для з'єднання лопаті і трубовалу суттєво менші, оскільки катет і периметр зварного шва збільшені.

5.4.1. Розрахунок ситового поясу

Використовуючи метод перерізу на довільному рівні [12] отримуємо елемент і зону, наведену на рис. 5.2.

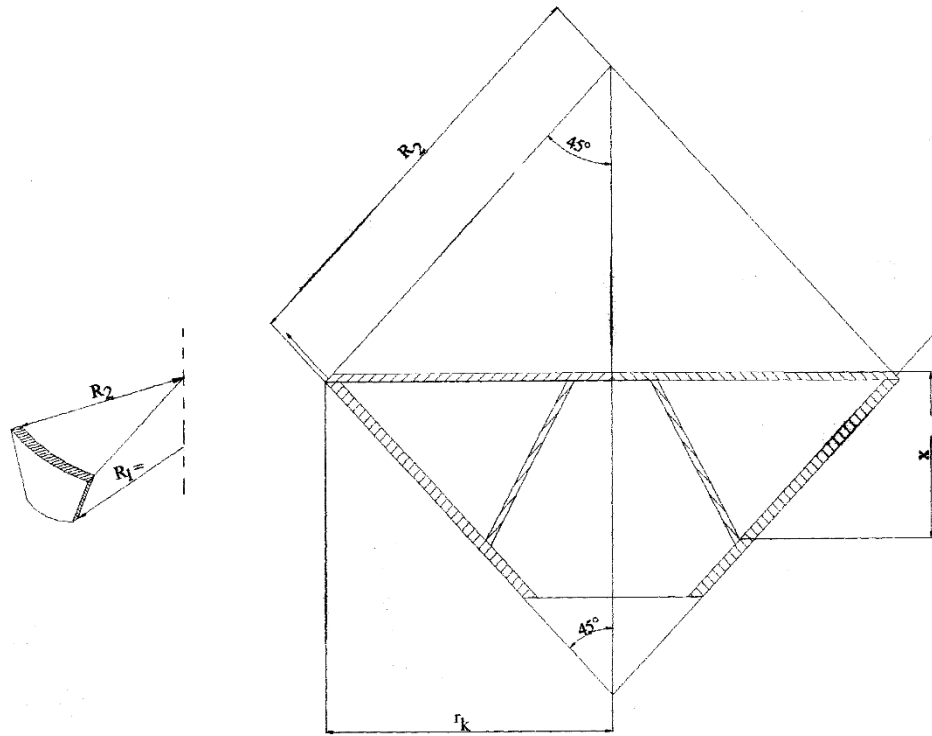


Рис. 5.2. Схема до розрахунку ситового поясу

Впливом трубовалу на даний елемент нехтуємо. Отже задача зводиться до того, що необхідно розрахувати конічне днище зі зрізаним конусом. Вплив трубовалу на дійсне напруження буде зводитись до зменшення дійсних напружень в порівнянні з розрахунковим, тобто розрахунок матиме деякий запас.

Радіус широтного круга залежить від висоти суспензії $r_x = x + 2,15$, тоді:

$$R_x = \frac{r_k}{\cos 45^\circ} = 1,41 \cdot (x + 2,15).$$

Виходячи із умови рівноваги елемента маємо:

$$\frac{\sigma}{\infty} = \frac{\sigma_k}{1,41 \cdot (x + 2,15)} = \frac{(12,9 - x) \cdot \rho \cdot g}{S}$$

Тоді

$$\sigma_k = \frac{1,43 \cdot 10^3 \cdot (x + 2,15) \cdot (12,9 - (x + 2,15))}{S}$$

З отриманого виразу бачимо, що кільцеве напруження змінюється за параболічним законом:

$$\text{при } x = 0 \quad \sigma_k = 0;$$

$$\text{при } x = 0,4 \quad \sigma_k = 377,41 \cdot 10^3 / S;$$

$$\text{при } x = 0,85 \quad \sigma_k = \frac{424,471 \cdot 10^3}{S}$$

Для розрахунку σ_M користуємось умовою рівноваги відсіченої частини конуса [13]:

$$\sigma_M = 2 \cdot \pi \cdot S \cdot \cos 45^\circ - (12,9 - x) \cdot \rho \cdot g \cdot \pi \cdot x^2 - G_1,$$

об'єм зовнішнього конуса:

$$V_1 = \frac{1}{3} (R_k^2 + (2,15 + x)^2 + R_k (2,15 + x) \pi (2,15 + x)),$$

$$V_2 = \frac{1}{3} (R_k^2 + (2,15 + x)^2 + R_k (2,15 + x) \pi (2,15 + x))$$

Об'єм ситового поясу:

$$V_c = \frac{1}{2} ((D_k^2 - D_k^2) - (D_k - D_k) (2,15 + x) \pi (2,15 + x)),$$

вага рідини в апараті:

$$G_c = \frac{\pi}{12} (2,15 + x)(17,94 - 1,7)(2,15 + x) \rho \cdot g,$$

тоді:

$$G_M = \frac{\rho \cdot g \left(12,9 \cdot (2,15 + x) - (2,15 + x)^2 + \frac{1}{12} (17,94 - 1,7)(2,15 + x) \right)}{2 \cdot S \cdot \cos 45^\circ},$$

$$\text{при } x = 0 \quad \sigma = \frac{17874,7}{S};$$

$$\text{при } x = 0,4 \quad \sigma = \frac{198407,69}{S};$$

$$x = 0,85 \quad \sigma = \frac{221790,25}{S}.$$

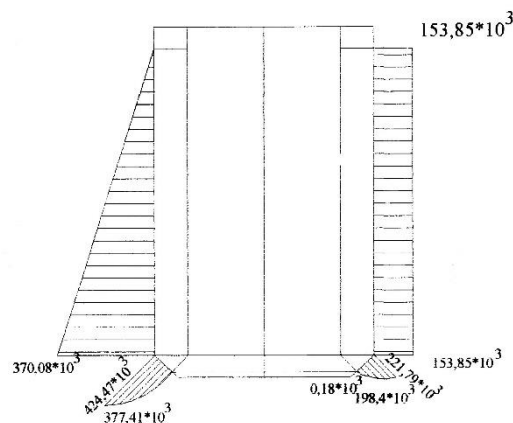


Рис. 5.3. Епюра внутрішніх сил

5.4.2. Розрахунок товщини стінки апарату

Оскільки елемент небезпечного перерізу опинився в складному напруженому положенні, то розрахунок ведемо по першій теорії міцності. Допустиме напруження розтягу для СтЗ 690 МПа [14]. тоді товщина стінки

$$S = \frac{424,47 \cdot 10^3}{690 \cdot 10^6} = 0,006(м).$$

Розрахункова товщина стінки 6 мм. З урахуванням інтенсивного корозійного зносу приймаємо товщину стінки $S = 14\text{мм}$.

6. Підбір конструкційних матеріалів

Особливе значення для харчової промисловості має вибір матеріалів і методів обробки для виготовлення робочих органів технологічного обладнання. Вибраний матеріал повинен бути стійким при дії на нього оброблювальних середовищ. Крім того, робочі органи технологічного обладнання повинні володіти високою зносостійкістю

Конструкційні матеріали, використані в колонному дифузійному апараті, а також закордонні аналоги матеріалів наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Перелік конструкційних матеріалів, використаних в модернізованому колонному дифузійному апараті та дозволених органами Держнагляду.

Найменування матеріалу, марка	Деталі вертикального колонного дифузійного апарату	Стандарт, що регламентує склад та хімічні властивості	Аналоги закордонних виробників
1	2	3	4
Сталь вуглецева звичайної якості			
Ст 3	Несучі елементи конструкції, фланці, рамки сит, ребра жорсткості	ДСТУ 8803:2018	BSt3sp (Болгарія) Fe37-3FN (Євросоюз) A57036(США)
Ст4кп	Рами для електродвигунів, огорожі, станини,	ДСТУ 8803:2018	BSt4sp (Болгарія) S275JR (Євросоюз) A570(40) (США)
Ст 20	Трубопроводи, колектори, вкладиші підшипників, шестерні, осі; шпильки та інші елементи кріплення	ДСТУ 7809:2015	1.1151 (Євросоюз) 1020 (США)
Ст 45	Вали, шнек завантажувального пристрою, кільця та кульки підшипників, тримачі ножів сито очисного пристрою	ДСТУ 7809:2015	C45 (Болгарія) 1.1191 (Євросоюз) 1044 (США)
Чавуни			
СЧ 18	Лапи, опори, корпуси приводів	ДСТУ EN 1561:2010	A48-25B(США) Z115(Польща)

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна		Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Підбір		200376.ДП.06.ПЗ			
	Документ затверджено						

Закінчення табл. 6.1.

1	2	3	4
Нержавіючі сталі			
1X18H9T	Стрижні дріт для ситчастих поверхонь, вертикальні сита; лопаті та контрлопаті, ножеві пристрої	ДСТУ ISO 1124:2013	AISI 304 AISI 321
Кольорові метали			
БрАЖ9-4	антифрикційні деталі, вкладки підшипників, деталі тертя	ДСТУ 3474-96	С61900 (США) 423045(Чехія)

Конструкція обладнання повинна відповідати вимогам оптимальних технологічних процесів його виготовлення. Для цієї вимоги потрібно і: забезпечення високої продуктивності і довговічності; досягнення максимальної економічності у виготовленні, монтажі і експлуатації.

7. Монтаж, ремонт та експлуатація модернізованого колонного дифузійного апарату

Всі колонні дифузійні апарати складаються з наступних частин: постаменту, ситового поясу, корпусу, трубовалу з лопатями, приводу трубовалу а також пристроїв для видалення жому та змащення рухомих механізмів.

Постамент складається із зварної рами, що спирається на чотири колони, основи яких кріпляться болтами до фундаменту.

Ситовий пояс є зварною конструкцією, що встановлюється на постаменті апарату і є нижньою частиною апарату. На опорних кільцях ситового пояса розміщено горизонтальне сито, яке складається окремих секцій, що можуть зніматись і замінятись при необхідності. У конусній частині підситового простору монтується кільцева труба для відведення соку та вал, встановлений на упорному та радіальному підшипниках.

Корпус апарату має циліндричну форму і вертикально встановлений на опорній частині ситового пояса. Він складається з роз'ємних царг із фланцевими з'єднаннями, які ущільнюються гумовим шнуром. На верхньому конусному днищі приварені опори для упорних роликів, за допомогою яких проводять установку трубовалу по вертикальній осі апарату. Всередині корпусу апарата встановлено контрлапи.

Трубовал складається з окремих секцій із фланцевими з'єднаннями, ущільненими гумовим шнуром. Трубовал монтують на вал ситового пояса. До стінок трубовалу приварені лопаті. У внутрішній частині трубовалу знаходяться скоби для доступу всередину при складанні фланцевих з'єднань його секцій. Привідна секція зварена з встановленим на ній вінцем зубчастого колеса відкритої зубчастої передачі.

Привід апарату складається із зварної рами, відкритої зубчастої передачі, двох мотор-редукторів та станції змащування.

Пристрій для видалення жому являє собою відкритий зверху кільцевий жолоб прямокутного перерізу, що оперізує корпус нижче вікон розвантаження жому. Видалення жому із жолоба проводиться скребками, укріпленими на кільцевій трубі. До труби приварено опорне кільце, яке центрується за допомогою вертикальних роликів та спирається на горизонтальні. Привід скребкового пристрою здійснюється від двигуна-редуктора.

Пристрої для змащування мають насосні установки, збірники мастила і трубопроводи. Обв'язувальні трубопроводи включають водопровід контролю та трубопровід відведення соку від контрлопатей.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва	200376.ДП.07.ПЗ			
	Документ затверджено	Монтаж, ремонт та експлуатація				

7.1. Монтаж колонного дифузійного апарату

Колонний дифузійний апарат монтують на готовому фундаменті. Монтаж виконують в такій послідовності:

1. Монтують постамент;
2. Збирають та встановлюють ситовий пояс;
3. Монтують корпус апарату, потім трубовал з лопатями;
4. Встановлюють привід трубовалу;
5. Монтують пристрій для видалення жому, системи змащення та трубопроводи відводу соку від контрлопатей.

7.1.1. Монтаж постаменту

Постамент розміщують на готовому фундаменті. Встановлюють чотири колони постаменту, вивіряють ухил по вертикалі і закріплюють фундаментними кожною колоною 4-ма болтами. На стійки встановлюють бічні та фронтальні балки, які кріплять 4-ма болтами до кожної колони і стикують один з одним болтами (по 8 болтів на стик). Вивіряють горизонтальність поверхні постаменту з допомогою нівеліру. Остаточо затягують усі болти та зварюють стики рами (висота установки рами 4000 мм). Після затвердіння цементного підливу наглухо затягують фундаментні болти.

7.1.2. Монтаж ситового поясу

Ситовий пояс монтують на постаменті, і він є опорною царгою для подальшого монтажу царг корпусу. На постамент встановлюють нижні напівцарги, які з'єднуються між собою та постаментом болтами. Горизонтальність поверхні фланців контролюють за допомогою рівня. Далі проводять складання підвісного конуса з корпусом підшипників, валом-підставою, розподільником, трубопроводом підводу сокостружкової суміші і сальниковим пристроєм. Збирають секції горизонтального сита. Встановлюють, вивіряють з'єднують електрозварюванням до обичайки вала-основи ситоочисні пристрої. Перевіряють підйом та опускання ножів ситоочисних пристроїв. Після складання горизонтальних сит повертають вал-основу з розподільником за годинниковою стрілкою та вивіряють торкання ножів до поверхні сита. Проводять зачистку поверхонь фланців та пазів для ущільнення. Зварювання всіх вузлів ситового поясу проводять після встановлення першої царги корпусу. Секції сита при зварюванні захищають корозійностійким матеріалом. Щоб запобігти повороту трубовалу при його монтажі, вал-основу розкріплюють клинами з дерева твердої породи. Клини забивають між розподільником, ситоочисним пристроєм та обичайками корпусу апарату. Усі зварювальні роботи повинні виконувати дипломовані зварювальники.

7.1.3. Монтаж корпусу

Корпус апарату монтують методом нарощування з попереднім збиранням царг. На опорний фланець ситового пояса встановлюють обидві половини першої царги корпусу. Проводять складання фланцевого з'єднання першої царги та ситового корпусу, перевіряють горизонтальність поверхні верхнього фланця. Проводять прилаштування половин царги за допомогою монтажних накладок. Знімають розпірні труби та вивіряють овальність царги. Вирівнювання ведуть гвинтовими домкратами. Контроль верхнього фланця та збігу отворів під болти здійснюють за допомогою фланця-шаблону. Після вивірки всіх вузлів здійснюють зварювання всіх елементів ситового пояса та царги корпусу згідно зі складальним кресленням. Після зварювання монтажних швів першої царги та ситового пояса розбирають фланцеве з'єднання. Першу царгу знімають та встановлюють на заздалегідь виготовлену монтажну раму. На монтажній рамі зварюють стики фланців. Поверхні фланців зачищають шліфувальною машиною. Потім складають всі царги корпусу на монтажній рамі. Після збирання всіх царг проводять їх монтаж. Першу царгу встановлюють на ситовий пояс, закріплюють болтами фланці (по 108 болтів на фланець). Монтаж інших царг корпусу виконують одночасно з монтажем секцій трубоваду [15].

Контрлопаті монтують одночасно з монтажем царг корпусу та секцій трубоваду. Перш ніж встановлювати царгу у проектне положення, ще раз перевіряють поверхню фланців та положення гумового шнура ущільнення на фланці попередньої секції. Затяжку болтів фланцевих з'єднань проводять у кілька прийомів у діаметрально протилежних точках [15].

Монтаж трубоваду з лопатями ведуть методом послідовного нарощування секцій із попереднім складанням лопатей. На монтажному майданчику встановлюють лопаті на секції трубоваду, оскільки для зручності транспортування секцій трубоваду лопаті на секціях частково не приварені. Лопаті приварюють згідно з маркуванням. Після збирання секцій трубоваду здійснюють їх монтаж. Нижню секцію трубоваду встановлюють основу ситового пояса, попередньо перевіряють поверхні фланців. Збирають фланцеве з'єднання нижньої секції трубоваду та вала-основи. Вивіряють поверхню верхнього фланця секції трубоваду по горизонталі, потім проводять її зачистку, закладають гумовий шнур та встановлюють наступну секцію. Після встановлення другої секції трубоваду монтують відповідну царгу корпусу апарату. Всередині змонтованої царги апарату встановлюють контрлопаті. Потім послідовно монтують секції трубоваду, царги корпусу та встановлюють контрлопаті. Контрольну перевірку зазорів між лопатями трубоваду та контрлопатями корпусу проводять після закінчення монтажу апарату при повертанні трубоваду. Монтують упорні ролики та перевіряють наявність мастила в них.

Спочатку встановлюють три ролики та притискають до робочої поверхні корпусу приводної секції трубовалу. Обертаючи трубовал вручну, перевіряють правильність установки роликів. Після цього упорні ролики остаточно закріплюють і монтують інші упорні ролики. Далі, обертаючи трубу вручну, перевіряють установку роликів, щоб досягти найменшого радіального биття зубчастого колеса.

7.1.4. Монтаж приводів апарата

Привід апарата монтують після монтажу упорних роликів. Спочатку проводять монтаж майданчика приводу. За допомогою шаблону перевіряють збіг отворів майданчика та фланця верхньої царги корпусу. За шаблоном виконують складання майданчика. Зібраний майданчик встановлюють на верхню царгу корпусу, вивіряють за рівнем і закріплюють болтами з фланцем верхньої царги корпусу. Потім згідно з мітками на рамі встановлюють корпуси приводів та вивіряють зачеплення шестерень приводів та зубчастого колеса трубовалу. Зазор між вершиною зуба провідних шестерень та западиною на великій шестерні має бути приблизно 4 мм. Потім закріплюють мотор-редуктори, на фланцях, що кріплять редуктори черв'ячні до плити, встановлюють контрольні шпильки. Встановлюють листи настилу майданчика та монтують огорожі [16].

Майданчики обслуговування кріплять на кронштейнах, приварених до корпусу апарату. Після закінчення монтажу майданчиків обслуговування проводять монтаж пристрою підведення мастила до затятих роликів.

Монтаж пристрою для видалення жому починається з установки жолоба. Далі встановлюють опорні ролики та скребок. Скребок попередньо збирають та зварюють на монтажному майданчику. Зібраний з ланцюгом скребок встановлюють на роликах. Після цього монтують основний та резервний приводи, вивіряють зачеплення ланцюга та ведучої зірочки. При обертанні скребка вручну перевіряють розташування роликів, потім привід та ролики закріплюють [16].

Після закінчення монтажу пристрою для видалення жому монтують станції змащення і перевіряють їхню роботу прокручуванням вручну трубовалу і скребка для вивантаження жому. При цьому трубовал і скребок повинні працювати без заїдання та заклинювання.

Обв'язувальний трубопровід монтують згідно з робочими кресленнями. Після закінчення монтажу дифузійного апарату проводять гідравлічне випробування корпусу апарату шляхом заповнення водою. При цьому перевіряють на водонепроникність корпус апарату зовні та трубовалу всередині. Сальники ситового пояса повільно підтягують до нормального ущільнення. Після випробування проводять теплоізоляцію корпусу апарату.

Випробування на холостому ході включає перевірку роботи всіх вузлів та агрегатів апарату. Перевіряють роботу пристроїв подачі мастила. Вмикають привід апарату, перевіряють роботу мотор-редукторів, їх кріплення, роботу зубчастої передачі. Потім вмикають привід пристрою видалення жому, перевіряючи роботу всіх його вузлів. Випробування апарату на холостому ході проводять протягом 8-10 год [16].

7.2. Ремонт дифузійного апарату колонного типу

Всі види ремонту колонного дифузійного апарату проводять на добре освітленій площадці для очищення, промивання і збірці складових частин. Попередньо проводять підготовку всіх необхідних матеріалів, запасних частин, інструментів і приладдя. Склад ремонтників визначається за обсягом потрібних робіт і часу, необхідного для їх проведення.

При поточному ремонті проводять очистку усіх вузлів, деталей, комунікацій і арматури, знімають і ремонтують огорожі та щитки. Також поточний ремонт передбачає роз'єднання напівмуфт, жирування і при необхідності заміну кріпильних деталей, розбирання та ремонт сальникових вузлів із заміною втулок; розбирання та промивку підшипників, розбирання мотор-редукторів із заміною мастила; ремонт трубопровідної арматури без зняття корпусів; заміну прокладок і ущільнень; відновлення зношених місць та антикорозійних покриттів, зняття та ремонт сит, скребоків, промивку маслосистеми та зміну мастильних фільтрів [15].

Середній ремонт окрім всіх операцій поточного ремонту, передбачає часткову заміну підшипників кочення, ремонт або заміну підшипників ковзання із пришабровкою вкладишів, ремонт системи змащення з частковою заміною деталей, перевірку шестерних і зубчастих зачеплень з підгонкою зубів, ремонт трубопровідної арматури зі зняттям корпусу. Також передбачається зняття і розбирання мотор-редукторів з перевіркою вузлів, заміну окремих ділянок комунікацій, зношених кріпильних різьбових деталей, часткову заміну фільтруючих сит, перебирання сальників із заміною втулок, відновлення термоізоляції та гідравлічне випробування [15].

При капітальному ремонті окрім операцій, що входять поточного та середнього ремонту, необхідно: замінити підшипники кочення; провести заміну чи перезаливку вкладок підшипників ковзання; здійснити поглиблений ремонт трубопровідної арматури та за необхідності замінити деталі чи окремі частини арматури; відновити елементи шестерень і зірочок або здійснити їх заміну, установити нові трубопроводи замість зношених, замінити приводні ланцюги, вузли або ступені мотор-редукторів, сит, оновити покриття транспортної системи антикорозійними матеріалами, перевірити міцність корпусів, провести модернізацію окремих вузлів і деталей.

Окрім всіх перерахованих вище операцій обов'язковому огляду підлягають деталі транспортної системи – трубовал, лопаті та контрлопаті, які найбільше підлягають інтенсивному зносу в нижній частині апарату та в місці підведення жомопресової води. Проводять огляд зварних з'єднань, перевіряють обстуканням товщину стінок в місцях, які викликають сумнів, роблять контрольне засвердлювання або визначають товщину електронним приладом.

Щорічному обов'язковому контролю підлягають: вузол подачі сокостружкової суміші, Г-подібна труба, розподільник стружки, шарнірне з'єднання зворотного клапана, кромки ситоочисників та поверхня сит (по всій довжині зазор має бути менше за 1,5...2,0 мм). Заміняють щілинні сита, якщо їх товщина зменшилася до 4 мм.

7.3. Технічне обслуговування колонного дифузійного апарату

Технічне обслуговування проводять на місці експлуатації апарату. Для цього повинні залучатися спеціально підготовлені робітники. На кожному етапі технічного обслуговування КДА ведеться журнал обліку неполадок [16].

Технічне обслуговування включає такі роботи:

- спостереження в період роботи та своєчасне усунення окремих дефектів “на ходу”;
- огляди не рідше одного разу в декаду та усунення окремих дефектів і несправностей без зупинки апарату;
- виправлення неполадок, що викликають зупинку апарату (наперед запланованих або раптових і тривалих);
- після закінчення кожного сезону бурякопереробки проведення поточного ремонту апарату.

Під час роботи дифузійного апарату спостереження за його роботою здійснюють оператор та черговий персонал ремонтної служби.

Засоби контрольно-вимірювальних приладів, електротехнічне обладнання і система автоматизації роботи ДА обслуговуються у відповідності з інструкціями заводу-виготовлювача.

8. Контроль та управління роботою дифузійного апарату

Система автоматизації колонного дифузійного апарату передбачає автоматичне регулювання матеріального балансу, теплового режиму та ряду інших специфічних параметрів.

Регулювання рівню в колоні дифузійного апарату здійснюється шляхом управління роботою насосу подачі сульфатованої води. Вимірювання рівню в колоні апарату виконується п'єзотрубками, пневматичний сигнал з яких поступає на перетворювач тиску ПДТ-34 з вихідним сигналом 4-20 мА, а далі на контролер. З контролера регулюючий сигнал подається через частотний перетворювач Lenze 8200 SMD на привід, що керує роботою насоса подачі сульфатованої води.

Регулювання питомого навантаження колони здійснюється контуром з вимірювальними шунтами. Параметром що контролюється є спад напруги на вимірювальних шунтах. Спад напруги подається на перетворювач Е 568/1. З перетворювача уніфікований сигнал 4..20 мА надходить в контролер. Вихідний сигнал з контролера через частотний перетворювач Lenze 8200 SMD управляє електроприводом, що керує роботою насосу подачі сокостружкової суміші в колону апарата.

Регулювання подачі жомопресової води в колону здійснюється магнітно-індукційним витратоміром РММ77060 з вихідним сигналом 4..20 мА, який поступає на вхід контролера, а потім надходить до частотного перетворювача Lenze 8200 SMD. Вихідний сигнал з перетворювача подається на керування приводу подачі жомопесової води.

Регулювання температури жомопресової води на вході в дифузійний апарат проводять за допомогою термометру опору TR30 (Німеччина). Сигнал подається на нормуючий перетворювач Ш-79, з нього уніфікований сигнал 4..20 мА подається до контролера. З контролера, через електропневматичний перетворювач РС-28G/A, який перетворює його в уніфікований сигнал 20-100 кПа і подає на клапан, який регулює подачу пари до збірника жомопресової води.

Контроль витрат сульфатованої води, дифузійного соку, жому та формаліну здійснюється індукційними витратомірами РММ77060. Сигнал 4..20 мА надходить на контролер.

Контроль рівню в збірниках сульфатованої та жомопресової води у збірнику дифузійного соку, в ошпарювачі та в ємкості формаліну, відбувається за допомогою п'єзотрубок, із яких пневматичний сигнал подається на

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Контроль та	200376.ДП.08.ПЗ			
	Документ затверджено					

перетворювач тиску ПДТ-34 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, далі на контролер.

Забрудненість сит контролюють за допомогою двох контурів вимірювання перепаду тиску на вертикальній ситі в ошпарювачі та на горизонтальному ситі дифузійного апарату.

Температурний режим дифузійної установки контролюється термоперетворювачем опору ТСМ-1088 (діапазон вимірювання $-50^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$). Сигнал з термометра опору поступає на нормуючий перетворювачі типу Ш-703. З перетворювача уніфікований сигнал подається у контролер.

Контроль якості дифузійного соку здійснюється за допомогою рН-метра типу ПП10, вихідний сигнал з якого 4..20 мА надходить до контролера.

Якісні показники роботи дифузійного апарату підтримується на високому рівні, якщо не припиняється циркуляція соку з колони на ділянці «підігрівач - мішалка ошпарювача – колона», тому цей процес контролюється за допомогою спеціальної програми реалізованої в контролері TSX Micro.

Для усунення “пробок”, які утворюються у випадку подачі бурякової стружки низької якості чи перегрівання стружки при порушенні температурного режиму, в ошпарювачі передбачено автоматизовану подачу ПАР.

9. Правила безпечної експлуатації модернізованого колонного апарату

Відповідно до Наказу Міністерства соціальної політики від 05.10.2018 р. № 1467 «Про затвердження Правил охорони праці для працівників, зайнятих на цукровому виробництві», основними вимогами безпеки для працівників, що задіяні в роботі з колонною дифузійною установкою є наступне:

1. Кільцевий скребковий конвеєр для виведення жому із дифузійного апарату колонного типу огорожується металевою сіткою.

2. Для аварійних робіт у середині апарату корпус нижньої частини обладнують люками з завісами, які мають спеціальні ручки.

3. Посудини і мірники для подавання формаліну розміщуються в окремому приміщенні. Роботи із використанням хімічних речовин проводяться із застосуванням відповідного спеціального взуття, спеціального одягу та інших ЗІЗ з урахуванням вимог безпеки під час роботи з хімічними речовинами.

4. Дифузійні апарати укомплектовують щитами електроустаткування і автоматизації, а також контрольно-вимірвальними приладами і пристроями для сигналізації.

5. На люках дифузійних апаратів встановлюють металеві решітки, з надійним закріпленням.

6. Крани для відбору проб комплектують механізмами для їх плавного відкриття.

Пристрої для пуску і зупинки колонного дифузійного апарату розміщують так, щоб ними можна було зручно і швидко користуватися (ДСТУ 3273-95). Всі частини колонного дифузійного апарату, які потребують змащування, мають бути оснащені автоматичними мастильними приладами. Якщо таких приладів немає, а підшипники необхідно наповнити мастилом під час роботи, змащувати їх можна лише при безпечному підході до підшипників, або за допомогою спеціальних трубок і маслянок, виведених у безпечну і зручну зону (ДСТУ 2293:2014).

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Правила безпечної експлуатації	200376.ДП.09.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

10. Дотримання концепції сталого розвитку

Стратегічна екологічна оцінка (СЕО) планів і програм дозволяє зосередитися на детальному аналізі можливого впливу запланованої діяльності на довкілля і використовувати результати такого аналізу для уникнення або зменшення наслідків для екології в процесі стратегічного планування. СЕО – це порівняно новий інструмент реалізації екологічної політики, що базується на принципі «легше запобігти негативним наслідкам діяльності для довкілля під час планування, ніж виявляти та виправляти їх на стадії впровадження стратегічної ініціативи» [21]. Мета СЕО – це забезпечення високого рівня охорони довкілля і сприяння інтеграції екологічних факторів у підготовку планів і програм з метою забезпечення сталого розвитку.

В Україні наразі створені передумови для впровадження процесу СЕО, пов'язані з розвитком стратегічного планування та національної практики використання екологічної оцінки.

На цукрових заводах утворюється дуже велика кількість відходів. Значну частину цих відходів становлять меляса та фільтраційний осад. Меляса містить до 50 % цукрози до маси СР і більшість розчинних нецукрів буряку, в тому числі бетаїн та комплекс амінокислот. Крім традиційного використання меляси для потреб спиртової та мікробіологічної промисловості вона може бути вихідною сировиною для одержання додаткової кількості цукрози, глюкозно-фруктозного сиропу, або суміші амінокислот.

Іншим багатотонажним відходом цукрового виробництва, є фільтраційний осад. Він займає значні площі, є джерелом забруднення ґрунтів, повітряного та водного середовища тому особливо актуальним є питання його утилізації. З урахуванням зменшення та невідновності запасів вапнякового каменю, найбільш перспективною є регенерація фільтраційного осаду з метою повторного використання гідроксиду кальцію в основному технологічному процесі. Фільтраційний осад відповідає вимогам, які пред'являються до сировини для отримання вапна. Однак для випалювання вапна в існуючих вапняково-обпалювальних печах необхідно із фільтраційного осаду сформувати кусковий матеріал з високим опором стисканню.

Такий матеріал може бути отриманий шляхом змішування фільтраційного осаду з мелясним негашеним вапном в якості зв'язуючого компонента. Вапно, отримане із фільтраційного осаду, придатне для проведення очистки дифузійного соку цукрового виробництва. Встановлено [22], що при багаторазовому використанні регенованого вапна, воно поступово

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна		Статус документа		
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Дотримання ...	200376.ДП.10.ПЗ			
	Документ затверджено					

забруднюється домішками, які не обпалюються, і його активність поступово знижується. Після п'яти циклів очищення дифузійного соку активність вапна знижується до 35 %, тому частина його повинна бути замінена свіжообпаленим вапном з вапняку, а надлишок виводиться з виробництва і може бути використаний як мінеральне добриво. Енергозберігаючі заходи забезпечують одночасно як зменшення сумарного споживання пари з випарної установки, так і підвищення концентрації сиропу. За рахунок підвищення концентрації сиропу з клеровкою зменшуються витрати пари на уварювання утфелю і кристалізації. Комплексні енергозберігаючі заходи полягають в підвищенні кратності випарювання випарної установки або в зменшенні кількості води, яку необхідно випарювати. Тільки при роботі заводу з концентраціями сиропу та клеровки нижче граничних від їх впровадження буде отримано ефект зменшення витрат пари на технологічний процес.

ВИСНОВКИ

Внаслідок великої кількості соку, що циркулює в апараті та виконує роль теплоносія, ситові пояси апаратів працюють з великим навантаженням. Зменшити навантаження на ситові пояси можна пристроєм додаткової поверхні фільтрації в нижній частині колони, удосконаленням поверхні фільтрації в нижніх ситчастих контропатах, поліпшенням конструкції ножа для очищення горизонтального сита та ін.

При відхиленні теплової обробки сокостружкової суміші або погіршенні якості бурякової стружки до сита забиваються бракованими стружинками і не пропускають потрібну кількість екстрагенту, порушуючи режим роботи установки, що призводить до зменшення її продуктивності і отримання дифузійного соку низької концентрації.

Для усунення цього недоліку запропоновано розділення потоку сокостружкової суміші після ошпарювача, який подається насосом в кількості 300...350 % на два потоки. Зменшити кількість цієї сокостружкової суміші неможливо, оскільки насоси не зможуть її подавати.

Надлишкова частина рідкої фази в нашому випадку відводиться в пристрої, розташованому під горизонтальним ситом. Пристрій являє собою циліндричну вертикальну решітку, в якій розміщено шнек. Конструкція завантажувального пристрою дозволяє віджимати сокостружкову суміш в процесі завантаження, що підвищує її питоме навантаження та як наслідок призводить до покращення роботи апарату.

Таке конструкційне виконання завантажувального пристрою в колонних дифузійних апаратах дозволить зменшити величину перепаду питомого навантаження сокостружкової суміші по висоті колони, зменшити інтенсивність перемішування шарів стружки, навантаження на ситовий пояс, та збільшити продуктивність колони.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва ВИСНОВКИ	200376.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено					

Список використаних джерел

1. Теория и практика разделения суспензий в свеклосахарном производстве: монография. Кн. 1 : Образование суспензий и их свойства / Н. Н. Пушанко, В. А. Лагода, В. Н. Шурбованый и др. – Киев : Сталь, 2017. – 541 с. ISBN 978-617-676-116-7
2. Свеклосахарные диффузионные установки. URL: [https://www.bma-worldwide.com/fileadmin/migrated/content uploads/Extraktion ru.pdf](https://www.bma-worldwide.com/fileadmin/migrated/content/uploads/Extraktion_ru.pdf). (Дата звернення : 27.04.2022)
3. Göddertz L. Developments in tower extraction: a new dimension . *Zuckerindustrie*. – 2001. – Vol. 126, Nr. 10. - S. 812-815.
4. Впровадження колонної дифузійної установки системи "BUCKAU-WOLF" на Жордєвському цукровому заводі / М. І. Ладановський, Л. А. Верхола, П. Дедоль, Ж. Совано // Цукор України. — 2013. — № 3 (87). — С. 26-31.
5. Валовой, Б.Н. Комплексная оценка основных типов диффузионных установок свеклосахарного производства / Б.Н. Валовой [и др.] // Сахар. – 2016. – № 11. – С. 24–31.
6. Анализ эффективности работы диффузионного аппарата колонного типа в течение производственного сезона / О. В. Колоскова, О. К. Никулина, А. А. Шепшелев // *Пищевая промышленность: наука и технологи*. – 2019. – № 12(4). – с. 78-85.
7. Верхола, Л.А. Критерии оценки эффективности процесса в диффузионных установках /Л.А. Верхола, Н.Н. Пушанко // Сахар. – 2007. – № 5. – С. 25–29.
8. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства: В 2-х ч. Ч. 1 / В. О. Штангеев, В. Т. Кобер, Л. Г. Белостоцкий, Н. И. Штангеева ; Под ред. В.О. Штангеева. — К. : Цукор України, 2003. — 352 с.
9. П.М. Силин. Технология сахара. – М.: Книга по Требованию, 2013. – 626 с.
10. Технологическое оборудование сахарных заводов: учеб. / С. М. Гребенюк, Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, К. И. Виноградов. — М. : КолосС, 2007. — 520 с. — рекомендовано кафедрой. — ISBN 978-5-9532-0517-7.
11. Башта А. В. Опір матеріалів : конспект лекцій до вивчення дисципліни для студ. для студентів напрямків: 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050601 «Теплоенергетика», 6.050.604 «Енергомашинобудування», 6.050301

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Список	200376.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено					

«Електротехніка та електротехнології» ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / Башта А. В. - К. : НУХТ, 2010. - 71 с

12. Прикладна механіка. Опір матеріалів: Метод. вказівки до виконання практичних занять для студентів напрямку підготовки 6.051003 – приладобудування / Уклад.: С.О. Цибульник. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 33 с

13. Миролубов И.Н. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов. Учебное пособие для техн вузов / И.Н. Миролубов и другие. – М.: Высшая школа, 1985. – 399 с.

14 Шпачук, В. П. Прикладна механіка: Конспект лекцій (для студентів денної і заочної форм навчання бакалаврів за напрямом 6.050702 “Електромеханіка”) / В. П. Шпачук, О. М. Кузнецов, В. Ф. Жуков; за заг. ред. В. П. Шпачука; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 211 с.

15. Справочник по монтажу технологического оборудования предприятий пищевой промышленности / Д. М. Гальперин, В. В. Коперин, Г. В. Миловидов, М. Г. Скакунов ; Под ред. Д.М. Гальперина. — М. : Пищ. пром-сть, 1978. — 496 с.

16. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до практ. робіт для студ. освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 133 "Галузеве машинобудування" ден. та заоч. форм навч. Частина 2: Експлуатація обладнання та ремонтні роботи / уклад. : В. Г. Мирончук, О. А.Єщенко, Д. М. Люлька, О. І. Свідерська; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2017. — 76 с

17. Монтаж и наладка средств автоматизации в сахарной промышленности / Под общ. ред. В.Г.Белика. — М. : Пищ. пром-сть, 1976. — 208 с.

18. Муравський, Р. С. Автоматизація процесів харчових виробництв [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Р. С. Муравський, І. В. Ельперін, В. В. Полупан ; Національний університет харчових технологій. – Київ : НУХТ, 2021. – 100 с.19. БЖД

20. Шишков, В. З. Охорона праці в цукровій галузі / В. З. Шишков, Я. В. Нирко, А. В. Шишков // Цукор України. — 2013. — № 10(94). — С. 29-30.

21 Федорищева, А. Техногенно-екологічна ситуація в Україні та управління рівнем її безпеки / А. Федорищева, О. Бутрин // Економіка України. – 2008. –№5. – С.75-79

22. Нікітюк, П. Методи екологізації цукрового виробництва. Матеріали II Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“. —2019. —с. 12-13.

ДОДАТКИ