

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА з дослідженням
кінетики процесу уварювання утфелю

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МОНм-61
спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

Свинчак У.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Зварич Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворошук В.Я
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Пилипець М.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри обладнання
харчових технологій

_____ д.т.н., проф. Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« _____ » 2020 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(Назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Свинчак Уляні Володимирівні

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

1. Тема роботи

Модернізація вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА з дослідженням
кінетики процесу уварювання утфелю

Керівник роботи

Зварич Наталя Миколаївна

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

Затверджені наказом по університету від « 03 » лютого 2020 року № 4/7-88

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 травня 2020р.

3. Вихідні дані до роботи апарат періодичної дії для уварювання цукрового утфелю,
продуктивність 40 т, поверхня нагріву 200м².

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасних
Технологічних процесів та обладнання для виготовлення цукру, вибір і обґрунтування напрямку
дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення проектно-технологічних і технічних
рішень з модернізації вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА. 4. Дослідження кінетики уварювання утфелю
та розробка рекомендацій з модернізації ВВА Ж4-ПВА. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних
ситуаціях. Загальні висновки. Перелік посилань

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

1. Випарний вакуум-апарат марки Ж4-ПВА. Вигляд загальний. Ф.А1. 2. Перемішувальний пристрій
вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА. Складальне креслення. Ф.А1. 3. Камера парова вакуум-випарного
апарату Ж4-ПВА. Складальне креслення. Ф.А1. Плакати (слайди): 1. Уварювання утфелів при
механічному перемішуванні. 2. Дослідження впливу кута нахилу лопаток турбінної мішалки на її
насосний ефект при перемішуванні утфелю. 3. Результати розрахунків впливу кута нахилу лопаток
турбінної мішалки на її насосний ефект при перемішуванні утфелю. 4. Вплив кута нахилу лопаток
турбінної мішалки на потужність необхідну для перемішування утфелю. 5. Вплив геометричних
параметрів мішалки на коефіцієнт тепловіддачі. 6. 3D – модель перемішувального пристрою
модернізованого вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І., доц. каф ОХ,		
Нормоконтроль	Стручок В.С., ст. викл. каф ОХ		
	Ворощук В.А., доц. каф.ОХ		

7. Дата видачі завдання 03 лютого 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Вступ.	15.05.2020	
1.	Аналіз сучасних технологічних процесів та обладнання для виготовлення цукру, вибір і обґрунтування напрямку дослідження.	12.03.2020	
2.	Методи та методика досліджень.	15.03.2020	
3.	Розроблення проектно-технологічних і технічних рішень з модернізації вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА.	01.05.2020	
4	Дослідження кінетики уварювання утфелю та розробка рекомендацій з модернізації ВВА Ж4-ПВА.	10.04.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	03.05.2020	
	Загальні висновки. перелік посилань	15.05.2020	
1.	Випарний вакуум-апарат марки Ж4-ПВА. Вигляд загальний.	15.03.2020	
2.	Перемішувальний пристрій вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА. Складальне креслення. Ф.А1.	01.05.2020	
3.	Камера парова вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА. Складальне креслення. Ф.А1.	10.04.2020	
4	Плакати (слайди):	01.05.2020	
	1. Уварювання утфелів при механічному перемішуванні		
	2. Дослідження впливу кута нахилу лопаток турбінної мішалки на її насосний ефект при перемішуванні утфелю.		
	3. Результати розрахунків впливу кута нахилу лопаток турбінної мішалки на її насосний ефект при перемішуванні утфелю		
	4. Вплив кута нахилу лопаток турбінної мішалки на потужність необхідну для перемішування утфелю		
	5. Вплив геометричних параметрів мішалки на коефіцієнт тепловіддачі		
5	3D – модель перемішувального пристрою модернізованого вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА	01.05.2020	

Студент

Свинчак У. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Зварич Н.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Свинчак У. В. Модернізація вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА з дослідженням кінетики процесу уварювання утфелю. 133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2020

В кваліфікаційній роботі досліджено вплив конструктивних параметрів вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА на кінетику процесу уварювання утфелю та запропоновано заходи з модернізації

Ключові слова: процес кристалізації, виробництво цукру

ABSTRACT

Svynchak U. V. Press vacuum evaporator ZH-4-PVA upgrade with the fillmass boiling kinetics study. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2020.

The impact of the vacuum evaporator' construction parameters on the fillmass boiling kinetics was researched in the diploma thesis. Modernization measures for the press vacuum evaporator ZH4-PVA are suggested in the diploma thesis.

Keywords: crystallization process, sugar production

ЗМІСТ

Зварич Наталя Миколаївна	2
Технологічних процесів та обладнання для виготовлення цукру, вибір і обґрунтування напрямку дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення проектно-технологічних і технічних рішень з модернізації вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА. 4. Дослідження кінетики уварювання утфелю та розробка рекомендацій з модернізації ВВА Ж4-ПВА. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки. Перелік посилань.....	2
РЕФЕРАТ	5
ЗМІСТ	6
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ та УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП	11
1. Аналіз сучасних технологічних процесів та обладнання для виготовлення цукру, вибір і обґрунтування напрямку дослідження	13
1.1. Аналіз технологічного процесу виготовлення цукру з цукрових буряків.....	13
1.2. Методи інтенсифікації тепломасопередачі при уварюванні і кристалізації утфелей	17
1.3. Аналіз сучасних конструкцій випарних апаратів, які використовуються у харчових виробництвах.....	23
1.4. Мета і задачі кваліфікаційної роботи.....	31
2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	32
2.1. Обґрунтування методів і засобів досліджень	32
2.2. Алгоритм і методики проведення чисельного експерименту.....	34
2.3. Методи аналізу похибок досліджень.....	35
3. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З МОДЕРНІЗАЦІЇ ВАКУУМ-ВИПАРНОГО АПАРАТА Ж4-ПВА....	36
3.1. Опис процесу уварювання утфелю і кристалізації цукру у вакуум-випарному апараті.....	36

3.2. Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА	43
3.3. Загальний опис конструкції і принципу роботи модернізованого ВВА Ж4-ПВА	46
3.4. Структурний та кінематичний аналіз елементів модернізованого вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА.....	48
3.4.1. Аналіз структури модернізованого ВВА Ж4-ПВА.....	48
3.4.2. Розрахунок кінематичної схеми перемішувального пристрою модернізованого ВВА Ж4-ПВА	49
3.5. Конструктивні розрахунки окремих вузлів і елементів ВВА.....	51
3.5.1. Розрахунок поверхні нагріву парової камери ВВА	51
3.5.2. Розрахунок на міцність елементів ПК.....	52
3.5.3. Розрахунок товщини ТР ПК.....	55
3.5.4. Розрахунок елементів корпусу ВВА	57
3.5.5. Вибір і розрахунок опор випарного апарата	60
3.6. Особливості експлуатації ВВА Ж4-ПВА.....	62
4. ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ УВАРЮВАННЯ УТФЕЛЮ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З МОДЕРНІЗАЦІЇ ВВА Ж4-ПВА	64
4.1. Кінетика уварювання утфелю	64
4.2. Уварювання утфелей при механічному перемішуванні.....	65
4.3. Дослідження впливу конструктивних параметрів ПП на гідродинаміку перемішування утфелю.....	69
4.3.1. Теоретичне дослідження гідродинаміки перемішування утфелю турбінною мішалкою відкритого типу	69
4.3.2. Дослідження впливу кута нахилу ППЛ ТМ мішалки на її насосний ефект при перемішуванні утфелю.....	74
4.3.3. Дослідження впливу кута нахилу ППЛ ТМ на потужність необхідну для перемішування утфелю	77
4.4. Дослідження впливу геометричних параметрів ТМ на тепловіддачу	79

4.4.1. Визначення коефіцієнту тепловіддачі у модернізованому ВВА..	79
4.4.2. Розрахунок поправочних коефіцієнтів, що враховують геометричні розміри мішалки.....	80
5. ОХОРОНА ПРАЦІ та БЕЗПЕКА в надзвичайних ситуаціях	85
5.1. Заходи з охорони праці	85
5.2. Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях	89
5.2.1. Основні задачі підвищення стійкості переробних підприємств...	89
5.2.2. Заходи по підвищенню стійкості проти НС цукрових заводів.....	91
Загальні Висновки.....	94
Перелік посилань	95

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВВА – вакуум-випарний апарат;

ГК – гріюча камера;

КТ – кипятильні трубки;

НЕМ – насосний ефект мішалки;

ПК – парова камера;

ПП – перемішувальний пристрій;

ППЛ – плоскі похилі лопатки;

СР – сухі речовини;

ТР – трубна решітка;

ТМ – турбінна мішалка;

ТМВТ – турбінна мішалка відкритого типу;

ЦТ – циркуляційна труба;

c – питома теплоємність, Дж/(кг·К);

C – прибавка до розрахункової товщини стінки;

C_1 – прибавка додаткова;

d – діаметр кип'ятильних труб, $d = 102\text{мм} = 0.102\text{м}$;

D_3 – зовнішній діаметр обечайки парової камери, см;

D_k – діаметр внутрішній наружної обечайки камери;

d_{cp} – середній діаметр кип'ятильних труб, м;

D_m – середній діаметр циркуляційної труби;

E^t – модуль поздовжньої пружності при розрахунковій температурі;

Eu – критерій Ейлера, критерій потужності;

F_{mp} – поверхня нагріву кип'ятильних труб, м^2 ;

F_{ob} – поверхня нагріву обечайки корпусу парової камери, м^2 ;

F_u – поверхня нагріву циркуляційної труби, м^2 ;

$F_{mp.p}$ – поверхня нагріву верхньої і нижньої трубних решіток, м^2 ;

k_l – коефіцієнт, що приймається для труб, які приварені з одного боку

l – активна довжина труби: $l = 1.203$ м;

l – висота обечайки: $l = 1.203$ м;

l_p – розрахункова довжина обечайки;

n – кількість труб в паровій камері: $n = 514$;

$n_m = 1.5$ – запас міцності по границі текучості;

$Nu = \frac{\alpha \cdot D}{\lambda}$ - критерій Нуссельта;

$Pr = \frac{c \cdot \nu}{\lambda}$ - критерій Прандтля;

P_{vui} – випробувальний тиск;

P_p – розрахунковий тиск в камері;

$Re = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\nu}$; - критерій Рейнольдса для процесів перемішування;

R^2 – достовірність апроксимації;

ν – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с;

σ_{don} – допустиме напруження

σ_m – мінімальне значення межі текучості при температурі випробування +20°C,

σ_{don}^* - нормативне допустиме напруження ;

η - поправочний коефіцієнт, який враховує умови експлуатації випарного апарата;

η_3 - поправочний коефіцієнт, який встановлюється в залежності від виду зварного шва;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

ψ_1, ψ_2 – поправки, що виражають вплив геометричних параметрів апарата з мішалкою на тепловіддачу.

ВСТУП

Харчове обладнання повинне випускати не тільки високоякісну продукцію, але і відповідати ряду технічних та економічних вимог. Випарне обладнання харчових виробництв характеризується великими продуктивностями, високою матеріало- та енергоємністю, високими тепловими навантаженнями, роботою при підвищених температурах, підвищених або понижених тисках. Забезпечення міцності та жорсткості елементів конструкції випарного вакуум-апарата, їх стійкості та здатності зберігати свою форму при експлуатації дозволить не тільки забезпечити необхідну якість продукції, зменшити її втрати, а також зменшити втрати теплової та електричної енергії.

Особливістю роботи вакуум-випарних апаратів періодичної дії з природною циркуляцією є несприятлива гідродинамічна обстановка особливо на заключній стадії уварювання утфеля. В цей період в'язкість утфеля різко зростає у зв'язку із збільшенням процентного вмісту кристалів цукру в ньому і підвищенням в'язкості міжкристального розчину. На заключних стадіях уварювання можливі такі режими роботи вакуум-апарата, коли кипіння утфеля в трубах поверхні нагріву не спостерігається, утфель в них тільки нагрівається, і швидкості циркуляції мають надзвичайно низькі значення, тому є доцільним використання у вакуум-апаратах з метою поліпшення процесу уварювання присторой для перемішування утфелю. Таким чином, дослідження і модернізація вакуум-випарного апарата періодичної Ж4-ПВА є актуальним для зменшення енергоспоживання процесу уварювання утфелю і покращення якості отриманого цукру.

Мета роботи: Дослідження впливу конструктивних параметрів вакуум-апарата Ж4-ПВА на кінетику процесу уварювання утфелю і розроблення заходів з його модернізації.

Об'єкт дослідження: процес уварювання утфелю у цукробуряковому виробництві.

Предмет дослідження: вплив конструктивних параметрів на кінетику уварювання утфелю в апараті періодичної дії.

Методи дослідження: аналіз, синтез, математичного та 3D моделювання, аналогія, ідеалізація, порівняння.

Наукова новизна: вплив конструкції апарату на кінетику процесу уварювання утфелю в апараті періодичної дії, отримано емпіричні рівняння, що описують вплив конструктивних параметрів перемішувального пристрою на гідродинаміку і тепловіддачу процесу.

Практична цінність: отримані рівняння, дозволяють розрахувати необхідні конструктивні параметрів перемішувального пристрою. На основі отриманих результатів розроблена 3D-модель перемішувального пристрою

Кваліфікаційна робота складається з текстової частини, що представлена на 96 аркушах формату А4, таблиць 8, рисунків 28.

Графічна частина представлена на 8 аркушах формату А1.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКРУ, ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз технологічного процесу виготовлення цукру з цукрових буряків

Традиційно виробництво цукру з буряків на цукро заводах складається з таких стадій: подачі буряка в завод і очищення його від домішок (землі, піску, залишків бадилля), різки буряка в стружку і отримання дифузійного соку (бурякопереробне відділення); очищення дифузійного соку вапном, діоксидом вуглецю від нецукрів і згущування соку випаровуванням до густини сиропу (сокоочисне відділення); виділення сахарози з сиропу шляхом кристалізації, відділення цукру-піску від міжкристального розчину, сушки і упаковки його (продуктове відділення). До допоміжних технологічних операцій відносяться отримання вапна, вапняного молока, сатураційного і сульфітаційного газів, пресування, сушка і брикетування жому.

Апаратурно-технологічна схема продуктового відділення показана на рисунку 1.1. Це трьохкристалізаційна схема продуктового відділення, при використанні якої на цукровому заводі витрата теплової енергії на 1 т переробленого буряка складає 1,147 ГДж. Згідно даної схеми сироп з клеровкою жовтих цукрів II и III кристалізації із збірника 1 поступає у вакуум-апарати 2 і уварюється до вмісту сухих речовин 92,5 %. Готовий утфель I кристалізації (утфель I) спускають в приймальну утфелемішалку 34, де до нього додають воду з температурою 75 °С для зменшення коефіцієнта пересичення міжкристального розчину до 1,03 – 1,06. Звільнений вакуум-апарат пропарюють парою з I корпусу випарної установки і отриманий розчин цукру (пропарка) приєднують до утфелю I. З утфелемішалки 34 утфель поступає через утфелерозподільвач 31 в центрифуги 32, де його центрифугують з відбором двох відтків: першого (міжкристальний розчин утфеля, що містить небагато

дрібних кристалів) та другого, який отриманий у результаті промивання (пробілювання) кристалів цукру-песку водою з температурою 70 – 95 °С. Різниця доброякісності відтйоків повинна бути 5 – 7%. На пробілювання витрачають 3 – 3,5 % до маси утфеля води.

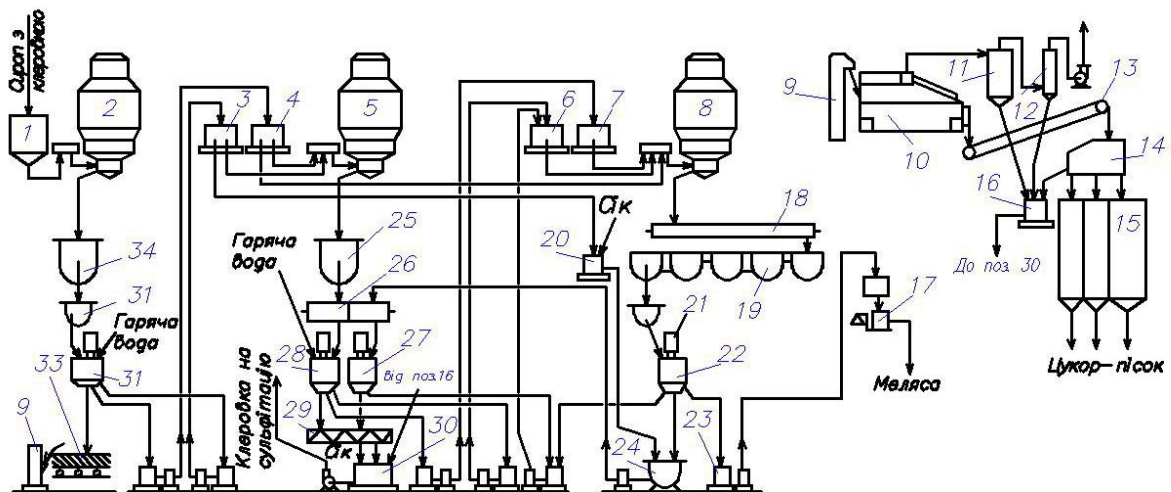


Рисунок 1.1. - . – Апаратурно – технологічна схема продуктового відділення цукрозаводу: 1 – збірник сиропу; 2, 5, 8 – вакуум-апарати; 3, 4, 6, 7 – збірники продукту; 9 – елеватор; 10 – сушильно-охолоджувальна установка; 11- циклон сухої очистки; 12 – циклон вологої очистки; 13 – стрічковий транспортер; 14 – сортувальна установка; 15 – бункер цукру; 16 – мішалка; 17 – ваги; 18, 25, 34 – приймальні утфелемішалки; 19 – кристалізаційна установка; 20 – мішалка; 21, 31 – утфелерозподільувач; 22, 27, 28, 32 – центрифуги; 23 – насос; 24 – афінатор; 26 – утфелерозподільувач; 29 – шнек; 30 – клеровочний апарат, 33 – вібротранспортер

Пробілений цукор – пісок вологістю 0,8 – 1 % вивантажують на вібротранспортер 33 і елеватором 9 піднімають в сушильно-охолоджувальну установку 10, де висушують гарячим повітрям до вологості 0,03 – 0,04 % при безпечному зберіганні і 0,14% при упаковці в мішки. Потім цукор-пісок

охолоджують і направляють на зберігання. Цукор-пісок містить грудки та феромагнітні домішки. Останні видаляють за допомогою електромагнітного сепаратора, підвішеного над стрічковим транспортером 13. В сортувальній установці 14 відділяють комки і цукор-песок за розміром кристалів поділяють на три фракції, потім подають в бункера 15, розміщені в пакувальному приміщенні. Повітря, яке відсмоктується вентилятором із сушильно-охолоджувальної установки, очищується від цукрового пилу в циклоні сухої очистки 11 та в циклоні вологої очистки 12. Вловлена цукрова пудра та комки цукру-піску розчиняють соком II сатурації в мешалці 16, і розчин подається в клеровочний апарат 30.

Відтйоки, отримані при центрифугуванні утфеля I, перекачують в збірник 3 для першого відтйока і збірник 4 для другого відтйока.

Утфель II кристалізації (утфель II) уварюють із другого і першого відтйоків утфеля I в вакуум-апаратах 5 до вмісту сухих речовин 93 %, спускають в приймальну утфелемішалку 25 і збризгують гарячею водою. Пропарку із вакуум-апаратів відводять в ту ж утфелемішалку. Через утфелерозподілювач 26 утфель направляють в центрифуги 28. При центрифугуванні утфеля II відбирають два відтйока з різницею доброякісності 4 – 5 % і направляють перший відтйок в збірник 6, другий – в збірник 7. На пробілювання витрачається 1 % до маси утфеля гарячої води.

Для уварювання утфеля III кристалізації (утфель III) в вакуум-апарати 8 послідовно забирають другий та перший відтйоки утфеля II разом з афінаційним відтйоком. При необхідності на початку уварювання утфеля використовують частину другого відтйоку утфеля I із збірника 4. Вміст сухих речовин в готовому утфелі доводять до 93,5 – 94 %. Через приймальну утфелемішалку 18 його спускають в кристалізаційну установку 19. В ній протягом приблизно 32 год. відбувається додаткова кристалізація цукру при охолодженні утфеля від 70 – 75 до 35 – 40 °C. В утфелерозподілювачі 21 утфель підігрівають до 45 – 50 °C і центрифугують в центрифугах 22 без

пробілювання цукру водою. Відбиремий відтьок (мелясу) насосом 23 подають на вагу 17, взважують і перекачують в місткість для зберігання.

Цукор III кристалізації направляють в афінатор 24, де змішують з першим відтьком утфеля I, розбавленим очищеним соком в мішалці 20 до 74 – 76 % сухих речовин, отримуючи афінаційний утфель з вмістом сухих речовин 89 – 90 %. В процесі перемішування утфеля (протягом 20 хв.) в афінаторі частина нецукрів із плівки на кристалах цукру переходить (дифундує) в більш чистий міжкристальний розчин. Такий спосіб підвищення доброякісності цукру III кристалізації називають афінацією (очисткою).

Із афінатора утфель подають в утфелерозподілювач 26 і центрифугують в центрифугах 27 окремо від утфеля II. Афінаційний відтьок та відтьок, отриманий після пробілювання цукру-афінада водою, разом подають в збірник першого відтьока утфеля II. Туди ж направляється і сироп, утворений при промиванні сит в центрифугах 22. Після центрифуг цукор II і III кристалізації подають шнеком 29 в клеровочний апарат 3., где розчиняють (клерують) в соці II сатурації до вмісту сухих речовин 65 – 70%. Клеровка разом з сиропом із випарної установки подається на сульфитацію.

Варка і кристалізація цукру є одним з самих важких фізико-хімічних процесів цукрового виробництва, який здійснює важливий вплив на якість і вихід цукру, енергомісткість та економічні показники роботи підприємства в цілому. Виходячи з необхідності зменшення питомої витрати палива, вміст сухих речовин в сиропі (клеровці) після випарної станції повинен бути 72-75%. В таких умовах виникають додаткові труднощі при варці цукру. При керуванні процесом варки доводиться застосовувати водні або сокові підкачки для ліквідації вторинних центрів кристалоутворення (борошна), пригорання продукту. Але це приводить до неминучого розмивання “корисних” кристалів. При цьому збільшується час варки та витрата пари.

Отримання цукру в випарних вакуум-апаратах Ж4-ПВА є періодичним процесом. Продуктивність 40 т. утфелю за одну варку. Цей процес

відрізняється великим суб'єктивним фактором, що не може гарантувати постійну високу якість продукції, а також високими енергетичними витратами.

На час кристалізації впливають доброякісність Дб, рН, температура та інші фізико-механічні параметри. Але не менш важливе значення має геометрична характеристика апарата та його конструктивні особливості. Дослідження та удосконалення цих характеристик дозволить не тільки зменшити енергомісткість виробництва цукру, але і покращити його якість.

1.2. Методи інтенсифікації тепломасопередачі при уварюванні і кристалізації утфелей

Процес випарювання є основним процесом цукрового виробництва.

Випарюванням називається концентрація розчинів практично нелетких або малолетких речовин в рідких летючих розчинниках [10, 27]. При випарюванні зазвичай здійснюється часткове видалення розчинника зі всього об'єму розчину при його температурі кипіння. Часто випарюваний розчин піддають подальшій кристалізації у випарних апаратах, спеціально пристосованих для цих цілей. Тепло для випарювання можна підводити будь-якими теплоносіями, що використовуються при нагріванні. Проте в переважній більшості випадків як гріючий агент при випарюванні використовують водяну пару, яку називають гріючою або первинною. Пара, що утворюється при випарюванні киплячого розчину, називається вторинною.

Процеси випарювання проводять під вакуумом, при підвищеному і атмосферному тисках. При випарюванні під вакуумом можна проводити процес при нижчих температурах, що важливо у випадку концентрування розчинів речовин, що мають здатність розкладатися при підвищених температурах.

Тому процеси випарювання під тиском знайшли широке застосування у харчових виробництвах, наприклад, у виробництві сухого молока, томатної пасти, при концентруванні соків.

Процес тепломасопередачі при уварюванні і кристалізації утфелей може бути інтенсифікований збільшенням площі поверхні кристалізації, рушійної сили процесу за рахунок впровадження сучасних конструкцій устаткування, перемешування, барботажа, використання різних хімічних речовин, використання сучасних методів уварювання.

1. Вплив на уварювання утфелю технологічних параметрів.

Майже на всіх цукрових заводах при уварюванні утфеля І кристалізації у вакуум-апаратах періодичної дії в початковій стадії у вакуум-апарат вводять велику кількість води або соку для зниження пересичення уварюваного сиропу.

При уварюванні концентрованого сиропу звичайним методом у вакуум-апарат необхідно вводити великі його об'єми. Кількість сиропу концентрацією біля 70%, що вводиться у вакуум-апарат для зниження надмірного пересичення до необхідної величини (1,05) в період росту кристалів, при звичайному методі уварювання збільшується в 1,5—2 рази. Проте в початковий період процесу, коли поверхня наявних кристалів ще мала, підкачка у вакуум-апарат великої кількості сиропу може привести до утворення нових центрів кристалізації — до випадання кристалічного «борошна». Для запобігання цього при роботі з густими сиропами вводять у вакуум-апарат воду. Якщо ж замість подачі у вакуум-апарат води підвищити температуру уварюваного утфеля, то, окрім зниження коефіцієнта пересичення, це дасть можливість вводити у вакуум-апарат менші об'єми сиропу, що понизить небезпеку утворення додаткових центрів кристалізації. Підвищення температури уварюваного утфеля при закладі кристалів доцільне ще і тому, що при цьому зростає швидкість кристалізації і зменшується величина теплового потоку, унаслідок чого буде полегшено ріст кристалів.

При необхідності проводять багатократне підвищення температури кипіння утфеля в процесі уварювання з метою розплавлення дрібних кристалів цукру. Подальші підкачки сиропу повторюють до тих пір, поки утфелем не буде заповнений весь об'єм вакуум-апарата. Протягом цього періоду варки

температура утфеля поступово падає і досягає 78—79°C. Після цього утфель остаточно згущується до вмісту в ньому 92,5—93 % сухих речовин.

2. Уварювання утфелів із застосуванням поверхнево-активних речовин

Для інтенсифікації процесів уварювання і центрифугування утфелів широко застосовуються поверхнево-активні речовини (ПАР) — ацетомоноглицериди (АМГД). Ефективність впливу АМГД на протікання процесів кристалізації утфелів збільшується з пониженням технологічних якостей буряка, що поступає на переробку, а також при додаванні їх до утфелів проміжного і особливо останнього ступенів кристалізації. Застосування АМГД в період переробки буряка з низькими технологічними якостями дає можливість скоротити тривалість уварювання утфелів останніх ступенів кристалізації на 15—20%.

Значній інтенсифікації процесу уварювання утфелів сприяє диференційоване введення ПАВ у вакуум-апарати.

3. Уварювання утфелів при пониженому температурному режимі

Дослідженнями [4] встановлено, що всі насичені бурякоцукрові розчини мають мінімум в'язкості, але при температурах, більш низьких, ніж чисті цукрові розчини. При цьому мінімум в'язкості із зменшенням доброякісності розчину зміщується в область більш низьких температур і при доброякісності 60 % потрапляє в область температури близько 40 °C (рис. 1.2.).

Отримана закономірність може бути пояснена збільшенням коефіцієнтів насичення бурякоцукрових розчинів в міру зниження доброякісності і росту температури. В результаті цього в певному діапазоні температур вплив підвищеної концентрації сухих речовин на зростання в'язкості розчину позначається істотніше, ніж протилежний вплив підвищеної температури.

Мінімум в'язкості пересичених цукрових розчинів із зменшенням доброякісності також зміщується в область знижених температур, але залишається на 5—7°C вище, ніж для насиченого розчину рівної доброякісності.

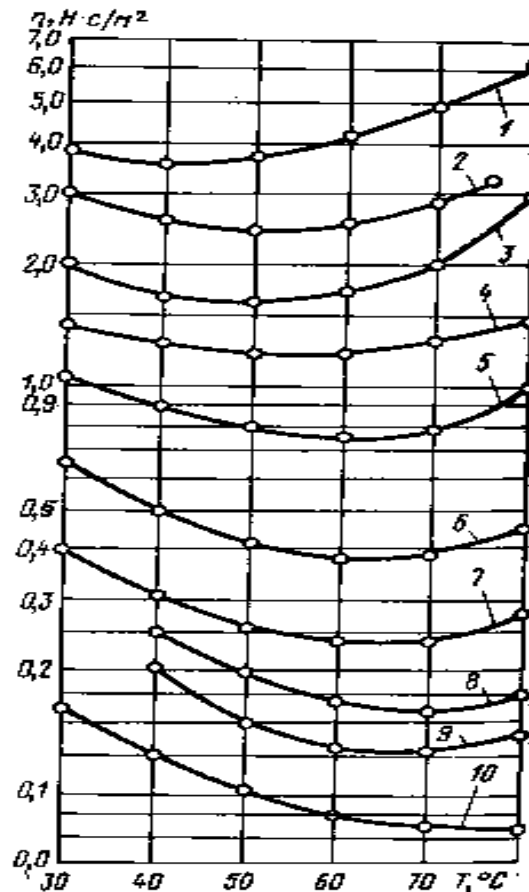


Рисунок 1.2. – В'язкість насичених бурякоцукрових розчинів залежно від температури і доброякісності (в %): 1 — 60; 2 — 63; 3 — 65; 4 — 68; 5 — 70; 6 — 75; 7 — 80; 8 — 85; 9 — 90; 10 — 100

Відповідно до встановленої закономірності [4] розроблений режим уварювання утфелів, при якому температура процесу в порівнянні із звичайно використовуваною на бурякоцукрових заводах може бути понижена на 10—15°C (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. - Температурний режим уварювання утфелів

Ступінь кристалізації	Період процесу		
	введення і закріплення кристалів	нарощування кристалів	кінець уварювання
II (проміжна)	71 — 73	68—70	60—63
II (остання)	71 — 73	68—70	60—62
III	71 — 73	66—68	58—60

Теплообмін у вакуум-апараті в значній мірі визначається корисною різницею температур, тому зниження температури кипіння утфеля на 10—15°C приведе і до значної інтенсифікації процесу уварювання утфеля [4]. На таку ж величину можна понизити температуру гріючої пари, зберігаючи ту ж корисну різницю температур, тобто обігрів вакуум-апаратів може проводитися вторинною парою III корпусу випарної установки.

Температура утфеля, що випускається з вакуум-апарата в мішалку, на 10—15°C нижче такої ж при традиційному способі уварювання. У зв'язку з цим утфель в утфелемешалках-кристалізаторах повинен охолоджуватися не на 35—40, а тільки на 20—25 °C. Це дозволяє скоротити тривалість кристалізації утфеля на 30 %.

Таблиця 1.2. - Параметри уварювання утфеля при зниженому тиску гріючої пари

Тривалість уварювання, год	Тиск гріючої пари, кПа	Тиск у вакуум-апараті, кПа	Температура кипіння °C	Утфель		Межкрістальний розчин	
				GB %	Дб %		
						СВ, %	Дб, %
12,8	118	11	62,0	93,6	73,7	80,6	62,1
11,9	117	11	62,9	94,0	73,1	90,0	59,8
13,0	120	11	61,4	94,0	71,7	90,1	61,4
13,0	118	9	59,3	94,0	72,9	90,4	63,3
14,0	120	8	59,4	93,2	73,0	89,4	62,8
Середнє							
12,94	119	10	61,0	93,76	72,88	89,90	61,8

3. Вплив об'єму первинного набору вакуум-апаратів періодичної дії на інтенсифікацію процесу уварювання утфелів

Інтенсивність процесу уварювання утфелей і якість одержуваного цукру в значній мірі залежать від конструктивних особливостей вакуум-апаратів періодичної дії.

Дослідження [4-8, 11-13] кінетики кристалізації сахарози при уварюванні утфеля у вакуум-апаратах періодичної дії різних конструкцій, показують, що в односекційному вакуум-апараті з великою поверхнею нагріву, зосередженою в одному блоці, і великим початковим набором не можна створити протягом всього циклу відповідність між швидкістю випаровування води і кристалізацією цукру і оптимальні умови для прогресивного рівномірного росту кристалів цукру. Оптимальні умови кристалізації сахарози в початковий період уварювання утфеля І продукту у вакуум-апаратах досягаються при відстані між кристалами 0,4 мм. При цьому сахароза з міжкристального розчину повинна викристалізовуватися тільки на утворених центрах кристалізації, нові кристали не повинні виникати, розмір всіх кристалів повинен бути однаковий. Проте, як показує практика, відстань між зародками кристалів цукру у момент зутворення в існуючих конструкціях вакуум-апаратів значно більше 0,4 мм, що приводить до отримання цукру з великою неоднорідністю (від 0,2 до 2,5 мм), а тривалість процесу уварювання значно збільшується через необхідність вводити у вакуум-апарат велику кількість соку ІІ сатурації або води. Особливо нерівномірні кристали виходять при виробленні великокристалічного цукру. В цьому випадку в пробі знаходяться кристали цукру розміром від 3,7 до 0,25 мм.

Однією з причин отримання такого нерівномірного цукру є те, що процес закладки і нарощування кристалів відбувається у вакуум-апаратах з великим первинним об'ємом сиропу [21].

Первинний набір сиропом вакуум-апаратів періодичної дії для уварювання утфеля І продукту за умови отримання кристалів цукру з лінійним розміром 1 мм повинен складати 16,3%. Аналіз конструктивних характеристик вакуум-апаратів, що використовуються для уварювання утфеля І продукту, показує, що об'єм для первинного набору сиропом цих апаратів значно перевершує 16,3%.

В таких вакуум-апаратах заведені центри кристалізації знаходяться на великих відстанях один від одного, що збільшує ймовірність виникнення нових

центрів кристалізації. Тому процес уварювання утфеля в цих вакуум-апаратах необхідно вести при більш низьких коефіцієнтах пересичення.

1.3. Аналіз сучасних конструкцій випарних апаратів, які використовуються у харчових виробництвах

У літературі описано багато конструкцій апаратів, що застосовувались раніше і застосовуються тепер у хімічній та цукровій промисловостях [1-10,17, 18,20, 27].

Класифікувати випарні апарати можна за такими ознаками:

1) за розміщенням поверхні нагрівання — горизонтальні, вертикальні і похилі, які зустрічаються рідше;

2) за видом теплоносія — паровим, газовим, електричним обігріванням та обігріванням високотемпературними носіями (маслом, даутермом, водою під високим тиском). На хімічних і цукрових заводах найчастіше застосовують апарати з паровим обігрівом, а тому в дальшому їм буде приділено особливу увагу;

3) за способом підведення теплоносія — подавання теплоносія всередину трубок (кипіння у великій місткості), подавання пари в парову камеру зовні трубок (кипіння всередині трубок);

4) за режимом циркуляції — природна і штучна (примусова);

5) за кратністю циркуляції — одноразова і багаторазова;

6) за типом поверхні нагрівання — з паровою оболонкою, змійовикові, з трубчастою поверхнею нагрівання різної конфігурації.

Розглянемо деякі конструкції випарних апаратів [1, 6, 7, 24]

1. Випарний апарат з паровою оболонкою (рис. 1.3) застосовується в невеликих за масштабами виробництвах для упарювання в'язких рідин, розчинів, що дають відкладення або мають агресивні властивості. Для боротьби з корозією внутрішня стінка корпусу часто буває захищена антикорозійним

покриттям. Ці апарати працюють або при атмосферному тиску (відкритого типу), або під вакуумом (закритого типу). Нерідко вони бувають оснащені мішалкою для інтенсифікації процесу випарювання.

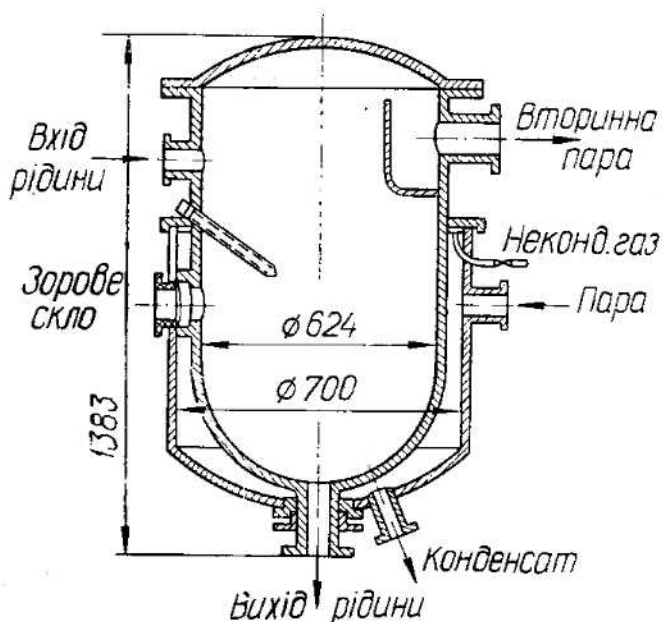


Рисунок 1.3. - . Випарний апарат з паровою оболонкою

Переваги апарата: простота і надійність конструкції; недоліки: мала інтенсивність теплопередачі, невелика продуктивність (низьке теплове напруження), невисокий паровий простір, внаслідок чого можливе механічне винесення краплинок рідини.

2. Змійовиковий апарат (рис. 1.4) порівняно з попередньою конструкцією більш компактний, оскільки в одиниці об'єму може мати більшу поверхню нагрівання. Позитивною якістю його є можливість розділення поверхні нагрівання на секції, які поступово вводять у роботу; це важливо для апаратів періодичної дії з поступовим заповненням упарюваною рідиною. При упарюванні кислих рідин змійовики слід виготовляти з кислототривкого матеріалу, а стінки корпуса повинні мати відповідні покриття.

Недоліки: при тісному розміщенні змійовики важко очищати зовні; якщо змійовики довгі, то утруднене відведення конденсату і можливе утворення «парових пробок». Крім того, їх важко ремонтувати. Змійовики треба кріпити

до корпуса «хомутами», інакше при подаванні всередину змійовиків пари під тиском можлива їх вібрація і дрижання апарата.

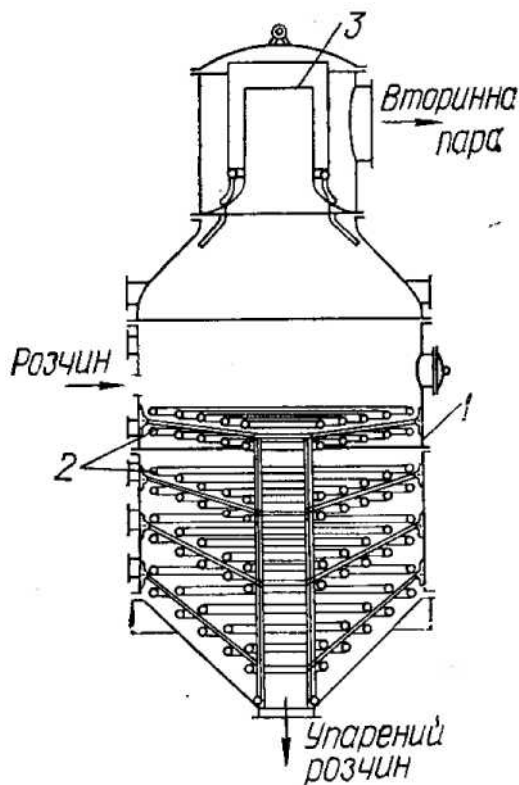


Рисунок 1.4. - Змійовиковий випарний апарат:

1 — корпус апарата; 2 — змійовик; 3 — сепаратор

Хоч за компактністю ці апарати і кращі за оболонкові, проте вони поступаються перед трубчастими, які тепер найбільше поширені в промисловості.

До старих конструкцій належить горизонтальний випарний апарат (рис. 1.5) з горизонтальними довгими трубками порівняно невеликого діаметра, з ущільненням трубок гумовими кільцями, притискуваними спеціальними розетками до трубок. Пара подається в парову камеру, входить в один кінець трубок, а конденсат виходить з другого їх кінця в конденсатну камеру. Щоб трубки через велику їх довжину не перегиналися, їх пропускають через установлені по довжині апарата 2 - 3 ґратчасті перегородки. Корпус апарата має форму сундука або циліндра. У першому випадку при роботі

апарата під надлишковим тиском або вакуумом потрібне додаткове кріплення плоских стінок, щоб вони не деформувалися.

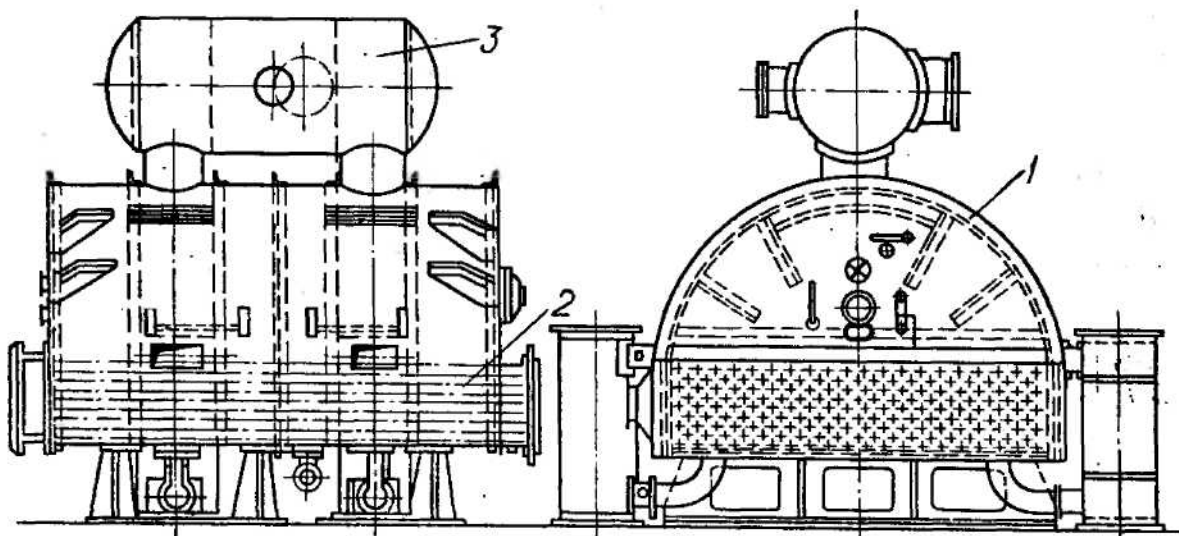


Рисунок 1.5. - Горизонтальний випарний апарат:

1 - корпус; 2 - парова камера; 3 - уловлювач

До позитивних якостей апарата слід віднести: велике дзеркало випаровування, великий паровий простір, велика акумуляційна здатність, зручність очищення поверхні нагрівання, бо трубки виймаються з апарата, малі втрати корисної різниці температур від гідростатичного ефекту, оскільки висота рівня розчину в апараті невелика. Недоліки: громіздкість, велика площа підлоги, яку він займає, висока вартість ремонту, що пов'язано з вийманням і вставлянням трубок на гумовому ущільненні.

До горизонтальних апаратів належать апарати з горизонтальними трубками, усередині яких кипить упарюваний розчин (рис. 1.6); пара подається зовні трубок. Трубки мають U - подібну форму, поверхню нагрівання в разі потреби відкатують на візочку. До позитивних якостей апарата належать зручність ремонту, бо можна відкатувати поверхню нагрівання, великий паровий простір. Недоліком його є те, що U - подібні трубки важко чистити всередині (останнім часом U - подібні трубки замінені прямими вальцьованими в дві трубні ґратки). Кипіння всередині горизонтальних трубок невеликого

діаметра утруднене. За ваговими показниками цей апарат значно поступається перед сучасними вертикальними апаратами, він не виправдовує себе через значні перевитрати металу.

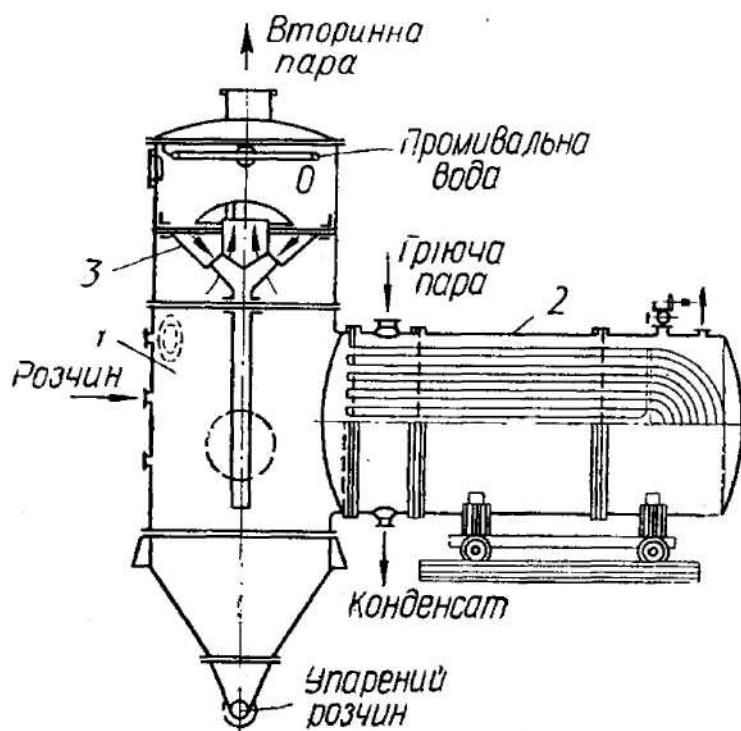


Рисунок 1.6. - Випарний апарат з горизонтальною виносною нагрівальною камерою: 1 - корпус; 2 - нагрівна камера; 3 - бризковловлювач

Позитивними якостями вертикальних випарних апаратів (рис. 1.7) є компактність, організована циркуляція завдяки наявності циркуляційної труби, значна кратність циркуляції (порядку кількох десятків разів), мала площа, яку він займає, зручність обслуговування і ремонтування, великий паровий простір. Щоб ці апарати були компактніші, останнім часом їх виготовляють з подовженими трубками (порядку 3 м), що робить їх більш компактними і дешевими.

Корпус сталевий, зварної конструкції, трубні ґратки приварюють до корпусу, парова камера з'єднана з паровим простором за допомогою фланцевого з'єднання, хоч бувають і нерознімні апарати. У паровому просторі містяться відбійники для сепарації краплинок рідини з пари.

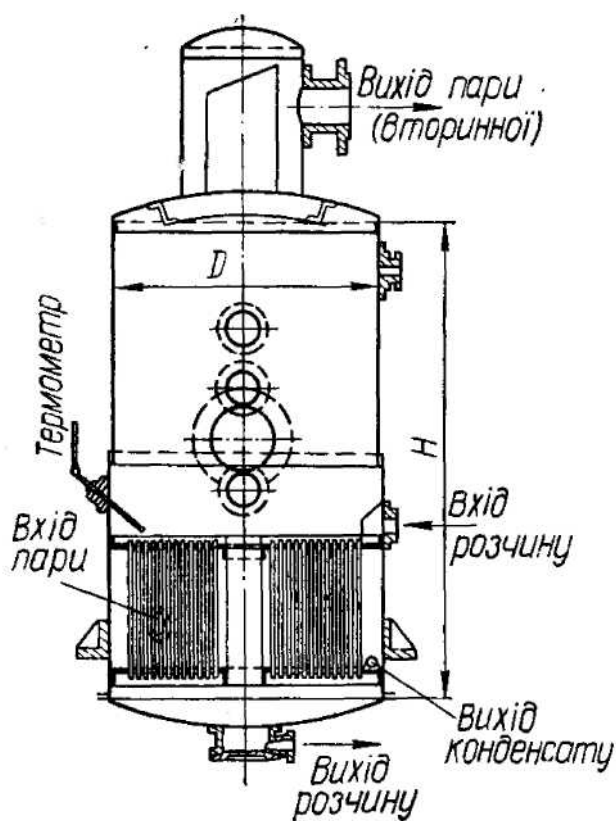


Рисунок 1.7. - Вертикальний випарний апарат

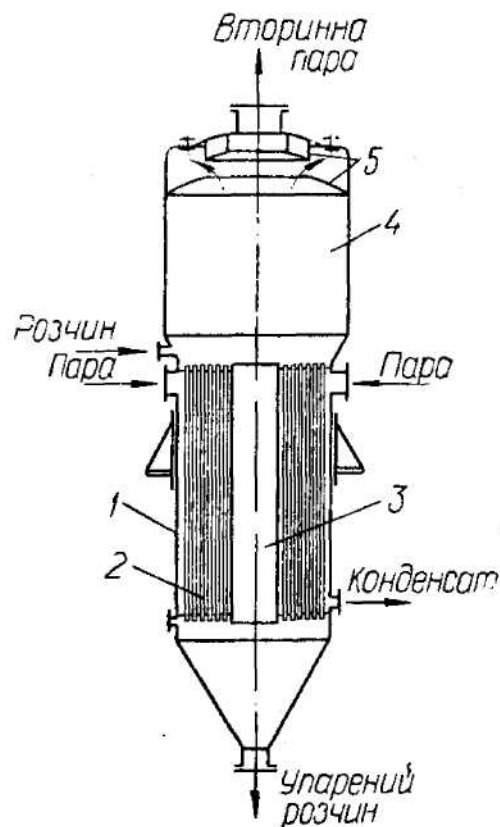


Рисунок 1.8. – Нормалізована конструкція випарного апарата: 1 — корпус; 2 — кип'ятильні трубки; 3 — циркуляційна труба; 4 — паровий простір; 5 — сепаратор

Нормалізовану конструкцію випарного вертикального апарату зображено на рис. 1.8. Іноді апарати виготовляють із зовнішніми необігріваними циркуляційними трубами для поліпшення циркуляції, хоч це ускладнює конструкцію (рис. 1.9). Вертикальний випарний апарат буває кількох модифікацій. Наприклад, апарати з підвісною камерою (рис. 1.8), циркуляція розчину відбувається в кільцевому просторі, утворюваному підвісною камерою і корпусом апарата. Труба, що підводить пару, проходить через паровий простір, завдяки чому вторинна пара трохи підсушується. Перевагою цього

апарата є можливість видаляти і замінювати парову камеру, проте він дорожчий, ніж звичайний вертикальний випарний апарат.

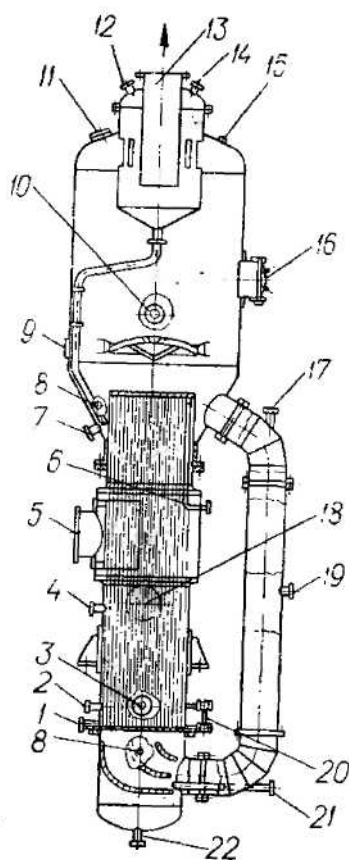


Рисунок 1.9. - Вертикальний випарний апарат із зовнішньою циркуляційною трубою: 1 - вихід конденсату; 2 і 6 - відведення газів, що не конденсуються; 3, 9, 10, 11 - оглядові вікна; 4 - надходження води для промивання і опресування міжтрубного простору; 5 - вхід гріючої пари; 7 - вихід розчину; 8 - отвір для встановлення термометра; 12 - вихід повітря; 13 - вихід вторинної пари; 14 - вхід води для промивання; 15 - отвір для встановлення манометра; 16 і 18 - люки; 17 і 21 - входи розчину; 19 - відбирання проб; 20 - водомірне скло для конденсату; 22 - зливання з апарата

Конструкції вертикальних апаратів увесь час удосконалюються.

Узагальнюючи переваги і недоліки різних конструкцій випарних апаратів можна зробити висновок, що основними вимогами, які ставляться до їх раціональних конструкцій є:

1) простота, компактність, технологічність конструкцій з точки зору зручності і дешевизни виготовлення, монтажу і ремонту, стандартизація вузлів і деталей;

2) механічна надійність: міцність, жорсткість, стійкість, герметичність і довговічність апарата;

3) задоволення технологічних вимог: додержання потрібного режиму (температури, тиску, часу перебування), виготовлення продукту або напівпродукту належної якості і потрібної концентрації, стійкість у роботі при неминучих невеликих коливаннях у відборі екстрапарі, по можливості більш тривала робота між зупинками на очищення при мінімальних відкладеннях осадів на поверхні нагрівання, зручність обслуговування і очищення, регулювання і контролю роботи;

4) інтенсивність тепловіддачі, мала вага і невисока вартість 1 м^2 поверхні нагрівання;

5) безпека обслуговування, наявність огорожувальних пристроїв і запобіжних клапанів в апаратах, що працюють під тиском;

6) мінімальна вартість проектування, виготовлення і експлуатації;

7) зручність перевезення (апарат або окремі його частини повинні вміщатися в габарити залізничного рухового состава, а вага — неперевисувати вантажопідйомності вагона або платформи);

8) відповідність конструкції вимогам Держтехнагляду. Апарати здають в експлуатацію (особливо ті, які працюють під тиском) після приймання їх спеціальною комісією за участю представника Держтехнагляду і періодично повторно оглядаються.

Задовольнити всі ці вимоги максимально практично неможливо, але завдання конструктора полягає в тому, щоб, орієнтуючись на технічні умови, створити найраціональнішу конструкцію для конкретних виробничих умов.

1.4. Мета і задачі кваліфікаційної роботи

Таким чином метою магістерської роботи є дослідження кінетики процесу уварювання утфелю та розроблення заходів з модернізації вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

провести аналіз технологічного процесу виготовлення цукру з цукрових буряків;

провести аналіз конструкцій випарних апаратів, які використовуються у харчових виробництвах;

провести загальний аналіз конструкції і принципу дії технологічного обладнання і його окремих вузлів, і агрегатів;

провести розроблення і розрахунок кінематичної схеми модернізованого апарата;

провести конструктивні розрахунки елементів конструкції вакуум-апарату: поверхні нагріву парової камери випарного вакуум-апарата, товщини трубної решітки, елементів корпусу випарного вакуум-апарату, вибрано і розраховано опори вакуум-апарата, провести розрахунок на міцність елементів парової камери;

провести теоретичне дослідження впливу технологічних параметрів та конструктивних особливостей вакуум-апаратів на уварювання; утфелю;

провести дослідження впливу конструктивних параметрів перемішуючого пристрою на уварювання утфелю у випарному вакуум-апараті;

розробити заходи з охорони праці та техніки безпеки в надзвичайних ситуаціях

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування методів і засобів досліджень

Сучасний розвиток науки, технологій, техніки, інформаційних систем вимагає крім фахових знань, також знання сучасних методів пошуку та аналізу інформації, планування експериментів, опрацювання результатів, методів моделювання та оптимізації процесів і обладнання, представлення результатів.

Одним з ефективних методів пошуку інформації є використання мережі Інтернет. Для цього використовували сучасні веб-переглядачі: Google Chrome, від компанії Google, та Opera, розроблений норвезькою компанією Opera Software. Аналіз отриманої інформації дозволив сформулювати актуальність, мету та завдання роботи.

Для вирішення поставлених завдань використовувалися методи теоретичного та емпіричного дослідження такі як: аналіз, синтез, моделювання, аналогія, ідеалізація, уявний експеримент, спостереження, порівняння.

Для робочих записів та оформлення пояснювальної записки використовувався найпоширеніший текстовий редактор Microsoft Word, який надає можливість оформляти та представляти не лише текст, але й розрахунки у вигляді формул та різні масиви інформації у вигляді таблиць. Для виконання та оформлення рисунків використовувалися програми:

AutoCAD (система автоматизованого проектування від компанії Autodesk) використовувалася для виконання креслень, схем та зображень;

AdobeReader використовувалася для опрацювання інформації та перенесення створених у AutoCAD схем і зображень у вигляді рисунків у пояснювальну записку.

Розрахунки проводилися за допомогою Microsoft Excel (програма для роботи з електронними таблицями) та Mathcad (інженерно-математичне програмне забезпечення). Microsoft Excel використовувався для табличних розрахунків, побудови графіків та їх обробки. Mathcad використовувався для

інженерних розрахунків, які оформляються так же просто, як писати розрахунки на листку паперу, але при цьому забезпечується їх висока точність.

Результати інженерних розрахунків та математичного аналізу були використані для побудови в середовищі SolidWorks 3d моделі перемішувального пристрою ВВА, яку можна використати для подальшого аналізу та удосконалення конструкції апарата.

2.2. Алгоритм і методики проведення чисельного експерименту

Під час проведення дослідження кінетики процесу уварювання утфелю у ВВА Ж4-ПВА спочатку проводився аналіз факторів впливу конструктивних і технологічних параметрів на хід процесу. Встановлювалися фактори, які повинні залишитися незмінними згідно технологічного регламенту, фактори позитивного і негативного впливу та їх зв'язок з конструктивними елементами ВВА та гідродинамікою процесу. Для отримання залежностей були використані результати досліджень, представлені в літературних джерелах. За допомогою Microsoft Excel було проведено їх обробку з метою отримання графічних залежностей для аналізу впливу тих чи інших параметрів на кінетику процесу уварювання утфелю та емпіричних залежностей для подальшої комп'ютерної обробки. За отриманими графічними залежностями за допомогою методу максимумів і мінімумів було встановлено вплив тих чи інших параметрів на процес уварювання, визначено рекомендовані конструктивні розміри та співвідношення між конструктивними параметрами запропонованого перемішуючого пристрою. Отримані результати було використано при розробці конструкції перемішуючого пристрою та розробці рекомендацій по модернізації ВВА.

2.3. Методи аналізу похибок досліджень

При отриманні чи опрацюванні результатів експериментальних чи теоретичних даних реальних процесів зазвичай виникають більші чи менші похибки. При подальшому використанні чи обробці таких даних ми хочемо щоб отримані результати як найточніше описували досліджуваний процес, що дасть змогу при практичній реалізації досліджень отримати реальний економічний ефект розробки. Для аналізу кінетики уварювання утфелю в роботі був використаний класичний підхід до розгляду масо- теплообмінних процесів харчових виробництв. Конструктивні розрахунки були проведені за стандартними методиками. Використання комп'ютерної техніки та програмних продуктів Microsoft Excel та Mathcad забезпечило необхідну точність інженерних розрахунків та математичної обробки результатів.

При отриманні емпіричних залежностей за допомогою Microsoft Excel були вибрані рівняння ліній з достовірністю апроксимації не нижче 0,92. Даний вид опрацювання даних базується на методі найменших квадратів і дозволяє отримати результати з необхідною точністю.

3. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З МОДЕРНІЗАЦІЇ ВАКУУМ-ВИПАРНОГО АПАРАТА Ж4-ПВА

3.1. Опис процесу уварювання утфелю І кристалізації цукру у вакуум-випарному апараті

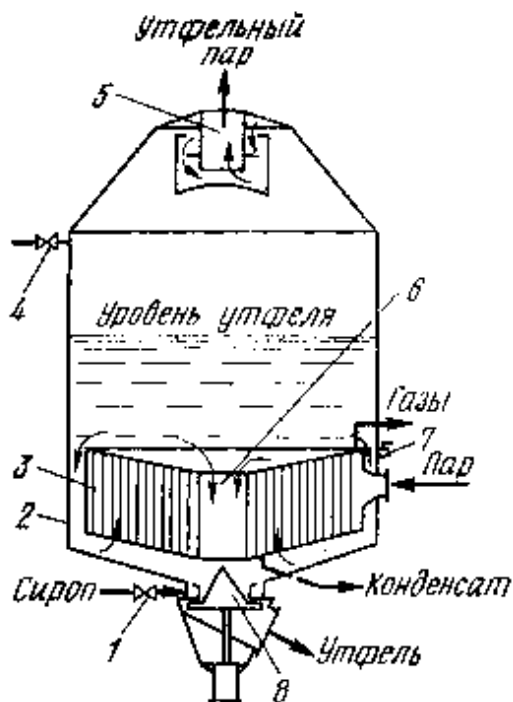
Сахарозу можна викристалізовувати тільки з пересичених розчинів. Поступаючий в продуктове відділення з випарної установки сироп із вмістом СР 55—60 % згущується у ВВА до 92—92,5 % СР. З нього випаровується 12—16 % до маси переробленого буряка води. Утфелі уварюють в періодично діючих вертикальних ВВА місткістю 40, 60, 80 т. утфеля.

Повний цикл уварювання утфеля [4] складається з чотирьох основних етапів: отримання пересиченого розчину, заводка і нарощування кристалів цукру, остаточне згущування.

1. Отримання пересиченого розчину[4]. Метою уварювання утфеля на даній стадії є підготовка сиропу з клеровкой до закладки кристалів. Для цього у вакуум-апараті (рис. 3.1), що складається з корпусу 2, парової камери 3 і сепаратора 5, спочатку за допомогою вентиля попереднього розрідження створюють залишковий тиск 0,06—0,067 МПа, а потім відкривають основний повітряний вентиль для отримання більш низького залишкового тиску (до 0,02 МПа). Одночасно з відкриттям вентиля попереднього розрідження через вентиль 1 починають набирати сироп з клеровкой. Після заповнення ВВА на 1/3 висоти ПК, частково (на один оборот) відкривають паровий вентиль і починають прогрівати ПК. Коли рівень сиропу досягне такої висоти, при якій він буде в змозі покривати всю поверхню ПК при кипінні, паровий вентиль відкривають повністю і при залишковому тиску не вище 0,02 МПа проводять інтенсивне згущування. В таких умовах сироп кипить при температурі не вище 70—72 °С, що забезпечує достатньо високу корисну різницю температур між

гріючою парою і киплячим сиропом і згущування з невеликими втратами сахарози від розкладання.

Рисунок 3.1. - Вакуум-апарат: 1 – вентиль, 2 – корпус, 3 – парова камера



(ПК), 4 – повітряний вентиль, 5 – сепаратор, 6 – циркуляційна труба (ЦТ), 7 – пробний кран, 8 – випускний клапан

В процесі згущування підкачують сиропу стільки, щоб досягши розрахованого пересичення ВВА був заповнений на 1/3 місткості.

При кипінні уварювана маса підіймається вгору по КТ, а опускається вниз по ЦТ 6 і кільцевому простору між ГК і корпусом апарату, знаходячись постійно в русі. Утфельна пара, що утворюється, проходячи через сепаратор 5, звільняється від крапель утфеля і відсмоктується вакуум-насосом в барометричний конденсатор.

При згущуванні сиропоу до 80—82% СР, що відповідає коефіцієнту пересичення 1,25—1,3, температура його кипіння при незмінному розрідженні підвищується до 74—76 °С, що пояснюється збільшенням вмісту СР в порівнянні з початковим сиропом. Ступінь пересичення і готовність розчину

для заводки кристалів визначаються по зовнішніх ознаках: по рухливості уварюваного сиропу, швидкості стікання бризок по оглядовому склі, інтенсивності підйому пухирців пари. Більш надійно визначати коефіцієнт пересичення уварюваної маси за допомогою кондуктометра за електропровідністю, яка підвищується у міру збільшення вмісту СР і в'язкості. На величину електропровідності також впливають доброякісність розчину і температура. Максимум електропровідності цукрових розчинів спостерігається при вмісті сухих речовин 28%.

2. Заводка кристалів цукру [4]. Задача заводки кристалів полягає в отриманні заданого числа центрів кристалізації цукру. При коефіцієнті пересичення 1,25—1,3, коли система нестійка (лабільна зона), момент для заводки кристалів найбільш сприятливий. Перед цим температуру сиропу трохи підвищують (прикриваючи повітряний вентиль) і через пробний кран 7 вводять “затравку” у вигляді дрібної цукрової пудри, просіяної через шовкове сито з числом ниток 67 на одному сантиметрі (з розрахунку 50—100 г цукрової пудри на апарат місткістю 40 т утфеля). Для утворення рівномірних кристалів одночасно з введенням цукрової пудри підкачують небагато сиропу. Після введення цукрової пудри через кран 7 починають відбирати проби сиропу на скло і спостерігають за кількістю уворених кристалів. Для отримання кристалів середнього розміру (близько 3000 в 1 г цукру-піску) потрібно, щоб на 1 мм довжини скла розміщувалося 5—6 кристалів (зародків).

Своєчасна заводка кристалів і припинення їх утворення мають важливе значення для процесу уварювання і якості готового утфеля. Чим більше центрів кристалізації утворюється у момент заводки, тим будуть менше розміри кристалів цукру, і навпаки, чим менше введено центрів кристалізації, тим крупніші кристали в готовому утфелі. Утфель з крупними кристалами легше центрифугується і пробілюється, але довше уварюється, в ньому більше випадає «борошна».

В сиропи з низкою доброякісністю затравки вводять приблизно в 2 рази більше, оскільки швидкість кристалізації сахарози в таких сиропях нижче, і

якщо площа поверхні кристалізації буде недостатньою, то при згущуванні утфеля сахароза не встигає викристалізовуватися, що приводить до підвищення пересичення розчину і випадання «борошна».

Як тільки в уварюваній масі після введення затравки з'явиться достатня кількість зародків (5—6 на 1 мм), у вакуум-апарат підкачують деяку кількість сиропу для зниження коефіцієнта пересичення до 1,08—1,12, тобто пересичення сиропу переводять в метастабільну зону, коли нові кристали не утворюються, а ростуть ті, що вже є. Підкачки сиропу, зроблені в цей час, називаються закріпними, оскільки кристали швидко ростуть (закріплюються). Сироп на закріпні підкачки беруть невеликими порціями і вводять так, щоб не розбавити міжкристальний розчин до ненасиченого стану і не розчинити кристалів, що утворилися. Подальше нарощування кристалів проводиться при залишковому тиску не вище 0,02 МПа і температурі не більше 76 °С [4].

3. Нарощування кристалів цукру [4]. На цій стадії кристалізації головною задачею є рівномірне нарощування вже наявних кристалів без утворення нових при мінімальній витраті пари. Для цього потрібні: систематична подача свіжого сиропу в апарат, підтримка певного коефіцієнта пересичення в міжкристальному розчині (1,08—1,12), інтенсивна циркуляція утфеля і достатня площа поверхні кристалізації.

Дрібні кристали («борошно»), що зароджуються в цей час, розчиняються збільшеною підкачкою сиропу. Сироп краще підкачувати у ВВА якомога частіше або безперервно, збалансувавши підкачку з випаровуванням води. На початку нарощування кристали через малий розмір мають невелику площу поверхні кристалізації, тому сахароза викристалізовується повільніше, ніж випаровується вода. При цьому порушується рівновага в системі і пересичення починає збільшуватися. Щоб зберегти його на заданому рівні, у ВВА підкачують воду. Знижувати інтенсивність випаровування води з утфеля у ВВА з природною циркуляцією небажано, оскільки погіршуватиметься його перемішування. У ВВА з механічним циркулятором можна зменшити підведення гріючої пари і обходитися, таким чином, без підкачок води.

Із зростанням кристалів збільшується площа їх поверхні, зменшується середня відстань між кристалами, внаслідок цього знижується небезпека утворення «борошна» і коефіцієнт пересичення поступово підвищують від 1,08—1,12 до 1,12—1,15, регулюючи його підкачками сиропу [4].

Підкачуваний сироп заздалегідь нагрівають приблизно на 5°C вище за температуру кипіння утфеля. Тому під час поступлення до ВВА він скипає, а це сприяє швидкому змішуванню його з масою утфеля і запобігає утворенню дрібних кристалів. Температура утфеля у ВВА підтримується 74—76 °C. Контроль за підкачками ведеться за показами кондуктометра в поєднанні з візуальними спостереженнями. У міру збільшення маси кристалів міжкристальний розчин утфеля обезцукрюється і до кінця уварювання доброякісність його знижується з 91—93 до 82—84 % [4].

Отримання цукру високої якості при уварюванні утфеля забезпечує його інтенсивна циркуляція. При слабкій циркуляції різко збільшуються різниця температур і пересичення, зокрема, у верхніх і прилеглих до гріючої камери шарах маси утфеля; під впливом стовпа утфеля в нижній частині вакуум-апарата значно збільшується температура кипіння. Слабка циркуляція утфеля приводить до утворення кристалічного «борошна» і значної частки конгломератів, порушується безперервний і рівномірний ріст кристалів.

4. Остаточне уварювання і вивантаження утфеля [4]. Коли у ВВА досягнутий максимально можливий об'єм утфеля, підкачку сиропу припиняють, але випаровування води і кристалізацію цукру продовжують до отримання необхідної концентрації СР. Оскільки в процесі уварювання доброякісність міжкристального розчину знижується, то можна трохи підвищувати пересичення. Остаточне згущування утфеля до високого вмісту СР (92—92,5%) сприятливо впливає на вихід кристалічного цукру. Згущування утфеля вище 92,5 % СР недоцільне, оскільки густий утфель дуже поволі циркулює, при цьому знижується швидкість кристалізації і збільшується тривалість процесу. До кінця уварювання температура утфеля не повинна перевищувати 70—73 °C.

Перед спуском утфеля з ВВА відключають систему розрідження і подачу пари в ПК, відкривають повітряний вентиль 4 і випускний клапан 8, керований за допомогою гідравлічного циліндра. Для рівномірного спуску утфеля у ВВА підтримують невеликий залишковий тиск (0,08—0,087 МПа). При спуску в холодну приймальну утфелемішалку температура утфеля знижується на 5—6 °С, що відповідає збільшенню коефіцієнта пересичення міжкристального розчину на 0,06—0,08, при цьому з'являється небезпека випадання «борошна». Тому під час спуску утфеля обприскують водою температурою 75 °С, що знижує коефіцієнт пересичення до 1,03—1,06. Звичайно на це витрачається близько 0,5 % до маси утфеля води [4]. При обприскуванні утфеля водою відбувається розчинення дрібних кристалів і підвищується доброякісність міжкристального розчину, утфель стає більш рухомим, вільним від «борошна» і центрифугується майже в 2 рази швидше.

Після вивантаження у ВВА подають пару для розчинення залишків утфеля. Сироп, що утворився, подається в ту ж утфелемішалку, куди вивантажений утфель. Для контролю за процесом уварювання утфеля ВВА обладнаний оглядовими віконцями; вакуумметром, контролюючим розрідження в апараті; термометром, що показує температуру утфеля, і манометром для контролю за тиском пари в ПК.

Тривалість окремих операцій при уварюванні утфеля І з суміші сиропу з клеровкой доброякісністю 90—92% і низьким вмістом речовин колоїдної дисперсності така (в хв) [4]:

Заповнення ВВА сиропом	5
Згущування до заводки кристалів	30
Заводка кристалів	3
Нарощування кристалів	115
Згущування кристалічної маси	10
Вивантаження утфеля і пропарювання апарату	12
Всього	175

Цього часу достатньо, якщо на уварювання поступає сироп хорошої якості. При переробці сиропу низької якості цикл уварювання утфеля збільшується до 210 хв, а іноді і більше.

При низькій доброякісності сиропу з клеровкой або порушенні технологічного режиму, що виражається в різких коливаннях розрідження і температури у ВВА, можливе сильне вспінювання утфельної маси і попадання її у вакуум-конденсаційну установку. Для зменшення цього явища після ВВА в продуктовому відділенні встановлюють пастку місткістю 0,8—1 м³ на 100 т буряка, що переробляється в добу. Вивантажений з ВВА утфель зразу ж центрифугують.

Добре зварений утфель І є однорідною масою. Грудочка утфеля, опущена в холодну воду, не застигає у вигляді еластичної кульки, а розсипається на окремі кристали. На чистому склі утфель залишає прозорий шар міжкристального розчину. Якщо цей шар каламутний, то в утфелі є дрібні кристали («борошно»). При обполіскуванні проби утфеля на склі водою міжкристальний розчин змивається, а кристали залишаються. Такий утфель легко центрифугується.

В утфелі І вміст кристалів не повинен перевищувати 56%, оскільки з підвищенням кристалічної маси він стає надзвичайно в'язким і малорухливим, при цьому вивантаження, перемішування утфеля в утфелемішалках і центрифугування утруднені [4].

Високий вміст кристалів в утфелі перешкоджає глибокому виснаженню міжкристального розчину і є причиною припинення кристалізації сахарози, наприклад в утфелі І, при доброякісності міжкристального розчину 84—85%.

3.2. Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації вакуум-випарного апарата Ж4-ПВА

Харчове обладнання повинне випускати не лише високоякісну продукцію, але і відповідати ряду технічних та економічних вимог. Для випарного обладнання харчових виробництв характерним є великі продуктивності, висока матеріало- та енергоємність, великі теплові навантаження, підвищені температури, підвищені або понижені тиски. Може відбуватися створення несприятливої гідродинамічної обстановки у ВВА періодичної дії з природною циркуляцією, особливо на заключній стадії уварювання утфеля. В'язкість утфеля різко зростає у зв'язку із збільшенням в ньому вмісту кристалів цукру і підвищенням в'язкості міжкристального розчину. При цьому зростають гідравлічні опори всіх ділянок циркуляційного контура, збільшуються термічні опори, підвищується можливість недогріву або перегріву утфеля на вході в КТ [20], що супроводжується збільшенням довжини економайзерної ділянки і зменшенням довжини ділянки генерації пари КТ, зниженням рушійний тиск циркуляції.

На заключних стадіях уварювання можливі такі режими роботи ВВА, коли кипіння утфеля в трубах поверхні нагріву не спостерігається, утфель в них тільки нагрівається, і швидкості циркуляції мають надзвичайно низькі значення. Тому багато фахівців [4, 7, 8, 20] вважають за доцільне використання у ВВА з метою поліпшення циркуляції уварюваної маси присторой для перемішування утфелів. Робота перемішуючого пристрою збільшує швидкість циркуляції утфеля до кінця процесу варки. Абсолютні значення швидкості циркуляції утфеля на початку процесу уварювання складають: без перемішуючого пристрою — 100 мм/с, з перемішуючим пристроєм — 111 мм/с, а в третьому періоді процесу уварювання — відповідно 1,5 мм/с і 18 мм/с, тобто в 12 разів більше. Посилення циркуляції і збільшення коефіцієнта теплопередачі за рахунок механічного перемішування утфеля інтенсифікують процес уварювання, внаслідок чого скорочується тривалість процесу на 11%.

Також відбувається покращення технологічних показників процесу уварювання утфелей: наростання кольоровості утфеля знижується на 10,7%, виснаження міжкристального розчину збільшується на 2,1% за рахунок уварювання утфеля до більш високого вмісту СР і більшого вмісту кристалів цукру в утфелі; процес кристалізації цукру у ВВА відбувається при більш високих коефіцієнтах пересичення міжкристального розчину; поліпшується гранулометричний склад кристалів цукру; коефіцієнт неоднорідності цукру знижується на 4,5%; середній приріст кристалів цукру досягає 0,22 мм/год, що на 0,09 мм/год більше ніж при уварюванні без перемішування [4, 7, 8].

Найкращим результатом використання механічної циркуляції при уварюванні утфеля є посилення тепловіддачі від поверхні нагріву до утфелю. Так, коефіцієнт теплопередачі в середньому зростає при тиску гріючої пари 150 кПа на 20,8%, а при тиску пари 130 кПа - на 11,3%. Відмічається [7] зменшення наростання кольоровості сиропу і зниження кольоровості білого цукру. При цьому: зменшення потенціалу гріючої пари з 150 до 130 кПа приводить також до зниження наростання кольоровості утфеля. Уварювання утфеля у ВВА з механічною циркуляцією сприяє отриманню рівномірніших кристалів цукру. Вміст золи в готовому цукрі знижується на 15—17%.

Як наслідок, при уварюванні утфеля у вакуум-апараті з механічним перемішуванням значно економляться пара і паливо, у результаті можливості уварювання утфеля з концентрованих сиропів та обігрівання ВВА вторинною парою ІІІ корпусу випарної установки.

Виходячи з вище викладеного з метою покращення варки утфелю в конструкцію ВВА були внесені зміни з метою забезпечення примусової циркуляції утфелю в ПК. Для цього в кришку ВВА вмонтований перемішувачий пристрій (лист КР 173.01.030.000СК), який складається з мотора редуктара, порожнинного вала і перемішувального пристрою. Сучасні мотор-редуктори MPL 160/3 мають невеликі розміри, порівняно малу вагу і велику потужність. Перемішувальний пристрій складається з трьох турбінних мішалок, розміщених вертикально на одному валу в ЦТ ПК. Відкриті турбінні мішалки вибрані тому,

що вони забезпечують переміщення продукту вздовж осі обертання, і унеможливають застій продукту в кип'ятильних трубах ПК. Для зменшення матеріалоемності конструкції перемішувального пристрою його серединний вал виконаний пустотілим.

3.3. Загальний опис конструкції і принципу роботи модернізованого ВВА Ж4-ПВА

Модернізований ВВА – апарат періодичної дії з механічним перемішуванням утфелю. Призначений для уварювання утфелей масою 40 т за одну варку в цукрорафінадному та цукропісочному виробництві. Конструкція вакуум-апарата являє собою вертикальну циліндричну ємність, ретельно герметизовану.

Корпус зроблений без фланцевим для забезпечення надійної підтримки в апараті необхідного вакууму. Верхнє днище складається з високого подвійного конуса, всередині якого для під'єднання апарата до вакуумної лінії розміщений повітряний штуцер. Під цим штуцером розміщується вловлювач із пари крапельно-рідкого уноса уварюваного продукту, що захоплюється парою, яка відводиться через цей штуцер. В найнижчій частині обечайки вловлювача розміщені три отвори для спуска уноса, що накоплюється в ній і стікає всередину апарата.

Нижнє днище закінчується горловиною для спуска утфелю, до якої підвішений спускний клапан з гідравлічним керуванням (лист КР 173.01.02.000СК). Ущільнення клапана здійснюється за допомогою гумової прокладки в місці контакту з горловиною днища корпуса апарата.

Спускний клапан вакуум-апарата (лист КР 173.01.02.000СК) являє собою конус 9, що закриває випускний отвір апарата. До фланця цього отвору кріпиться фланець 8 клапана. Конус насажений на шток 7, який проходить через сальник 6. При подачі масла в отвір в днищі 17 гідроциліндра 11 поршень 2, зв'язаний зі штоком 7 переміщається вгору і конус 9 закриває випускний отвір вакуум-апарата. Щоб унеможливити свавільне відкриття клапана при зменшенні тиску масла в гідроциліндрі 11, на штоці 7 встановлений утримуваний гайкою 23 клин 24, під який заходить вилка 25. Вона переміщується в направляючих 21 штоком 5, зв'язаним з поршнем 3 гідроциліндра 4. При подачі масла в праву порожнину гідроциліндра 4 вилка

вивільнює клин, клапан 9 після спуска масла з гідроциліндра 11 під дією ваги утфелю відкриває спускний отвір вакуум-апарата, і утфель виходить через патрубок 10. Головний гідравлічний циліндр керує тарілкою клапана, а допоміжний – замок, що запобігає можливість відкриття клапана внаслідок випадкових причин.

В нижній частині корпусу всередині апарата підвішена ПК, що являє собою вертикальну трубчатку з центральною ЦТ і з конічними верхньою та нижньою решітками. Допустима мінімальна товщина стінки ПК камери 8 мм.

ПК ВВА (лист КР 173.01.01.000СК) складається з циліндричного корпусу 2, закритого двома конічними трубними решітками: верхньою 3 та нижньою 4. Між решітками встановлені КТ 6 діаметром 102х3.5 мм і центральна ЦТ 5 діаметром 800мм. За допомогою петель 8 і болтів ПК підвішується до корпусу ВВА. Пара в камеру попадає через отвір з фланцем 11. Незкондесовані гази відводяться з верхніх точок ПК через патрубки 15. Конденсат із ПК через отвори в нижній решітці попадає в камеру 18 і по патрубку 20 відводиться із ВВА.

Живлення апарата уварюваними рідинами передбачено через кільцевий зазор між обечайкою спускної горловини в днищі та оточуючою її сорочкою. Внутрішній простір ВВА сполучається з цим зазором через отвори в обечайці горловини, також через кільцевий зазор подаються у ВВА пара і вода для очистки його після чергової варки. Подача пари та води передбачена і в верхню частину ВВА через барабан, а також у вливаювач. На корпусі ВВА приварюються чотири опорні лапи, які необхідно приварити при монтажі. Після чого ВВА виставляється на опорних балках по відвісу відносно утворюючої зовнішньої поверхні.

Для покращення варки утфелю в кришку ВВА вмонтований перемішуючий пристрій (лист КР 173.03.00.000СК), який складається з мотора - редуктора, порожнинного вала і ПП. ПП складається з трьох турбінних мішалок, розміщених вертикально на порожнинному валу в ЦТ ПК.

3.4. Структурний та кінематичний аналіз елементів модернізованого вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА

3.4.1. Аналіз структури модернізованого ВВА Ж4-ПВА

Конструкція ВВА є нерухомою, продукт подається всередину насосом. Обробка продукту в ВВА відбувається за рахунок підвищеної температури і вакууму в соковому просторі ПК. Нагрівання здійснюється шляхом подачі перегрітої пари під тиском у паровий простір ПК та теплопередачі через поверхню нагріву ПК. Основною вимогою при конструюванні ВВА є забезпечення міцності і жорсткості елементів його конструкції.

При досягненні утфелем необхідної концентрації СР спрацьовує спускний клапан ВВА. За принципом дії спускний клапан відноситься до обладнання з гідравлічним приводом. Робочий орган (конус спускного клапана) кріпиться на штоці і здійснює поступальний рух.

Структурна схема складається на першому етапі конструювання нової машини або дослідження існуючої. Структурна схема включає основні частини устаткування, їх призначення і взаємозв'язок.

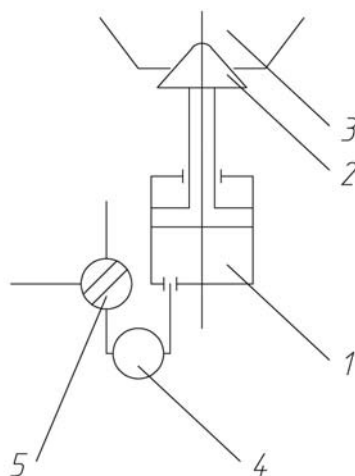


Рисунок 3.2 – Структурна схема спускного клапана ВВА: 1 – гідроциліндр; 2 – конус клапана; 3 – днище ВВА; 4 – манометр; 5 – кран керування

3.4.2. Розрахунок кінематичної схеми перемішувального пристрою модернізованого ВВА Ж4-ПВА

ПП встановлюється на кришці ВВА. З метою компактності конструкції вибираємо в якості приводу мотор –редуктор з паралельними осями серії MPL 160/3. Вони є у виконанні з двома швидкостями на валу двигуна: $n_d = 2800$ об/с і $n_d = 1400$ об/с.

Згідно дослідних даних для підвищення ефективності процесу варки утфелю застосовують мішалки з числом обертів в діапазоні 18-48 об/с [8].

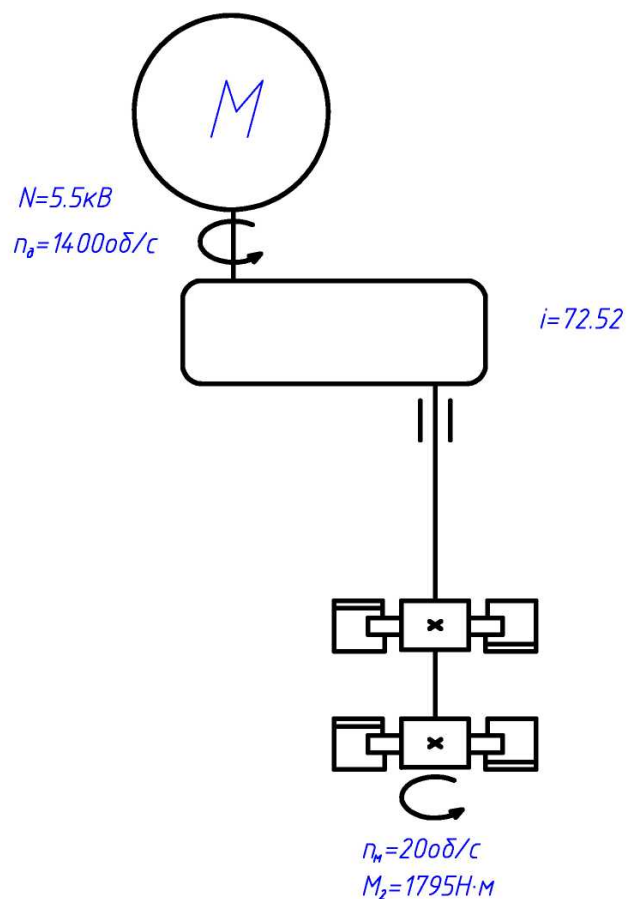


Рисунок 3.3. - Розрахункова схема

Для розрахунку приймаємо швидкість обертання мішалки

$$n_m = 20\text{об/с} = 1200\text{ об/хв.}$$

Тоді потрібне передаточне число редуктора буде:

у першому випадку:

$$i = \frac{n_{\partial}}{n_m} = \frac{2800}{20} = 140;$$

у другому випадку:

$$i = \frac{n_{\partial}}{n_m} = \frac{1400}{20} = 70.$$

Вибираємо мотор-редуктор з паралельними осями серії MPL 160/3 з такими параметрами:

кількість обертів на валі двигуна $n_{\partial} = 1400$ об/с;

передаточне відношення – $i = 71.52$;

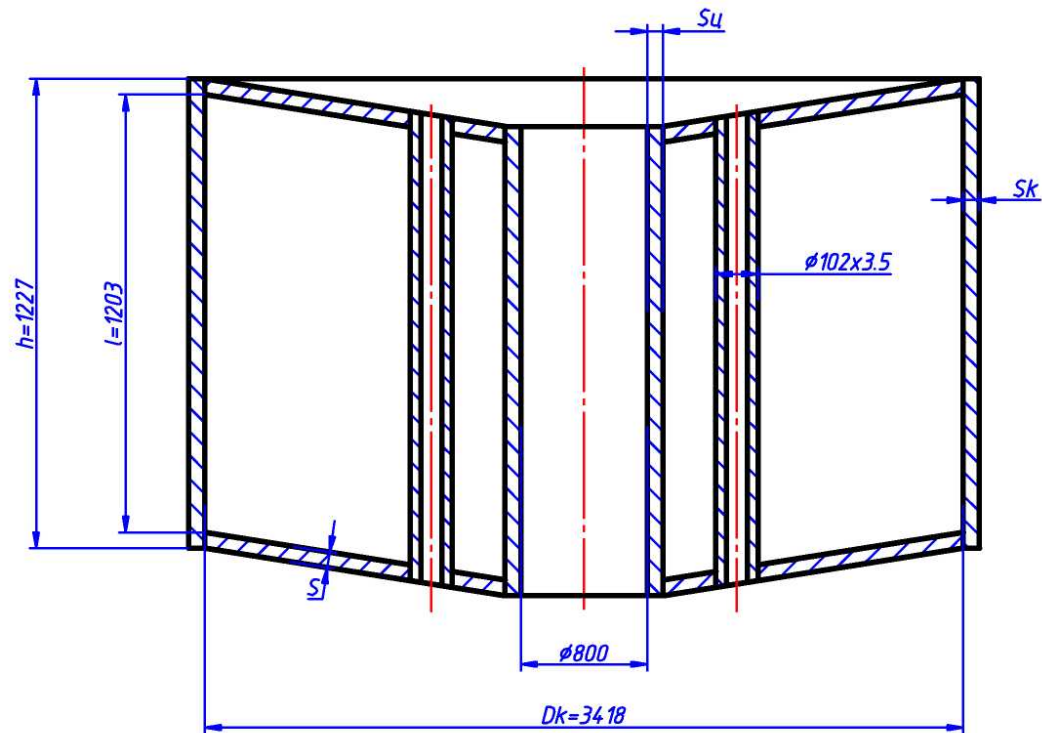
кількість обертів на вихідному валу редуктора – $n_2 = 20$ об/с;

крутний момент $M_2 = 1795$ Нм;

споживана потужність $N = 5.5$ кВт.

3.5. Конструктивні розрахунки окремих вузлів і елементів ВВА

3.5.1. Розрахунок поверхні нагріву парової камери ВВА



Рисункок 3.4 – Розрахункова схема ПК

Розрахунок площі поверхні нагріву підвісної одношарової ПК місткістю 40 т утфеля здійснюємо по середньому діаметру КТ розмірами 102x3.5мм.

Середній діаметр дорівнює:

$$d_{cp} = 98.5 \text{ мм} = 0.0985 \text{ м}$$

Площу поверхні нагріву ПК (номінальну) визначаємо за формулою:

$$F_k = F_{mp} + F_u + F_{об} + F_{mp.p}.$$

Визначаємо поверхню нагріву КТ (м^2):

$$F_{mp} = \pi \cdot d_{cp} \cdot l \cdot n = 3.14 \cdot 0.0985 \cdot 1.203 \cdot 514 = 191.247 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні нагріву ЦТ ПК (м^2):

$$F_y = \pi \cdot D_m \cdot l.$$

$$D_m = 824 \text{ мм} = 0.824 \text{ м}.$$

Тоді:

$$F_y = 3.14 \cdot 0.824 \cdot 1.203 = 3.1 \text{ м}^2.$$

Поверхня нагріву обечайки корпусу ПК (м²):

$$F_{об} = \pi \cdot D_k \cdot l.$$

Діаметр внутрішній зовнішньої обечайки ПК:

$$D_k = 3418 \text{ мм} = 3.418 \text{ м}.$$

Тоді:

$$F_{об} = 3.14 \cdot 3.418 \cdot 1.203 = 12.9 \text{ м}^2.$$

Поверхню нагріву верхньої і нижньої ТР ПК (м²):

$$F_{тр.р} = 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_k^2}{4} - \frac{\pi \cdot D_m^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{ср}^2}{4} \cdot n \right) =$$

$$= 2 \cdot \left(\frac{3.14 \cdot 3.418^2}{4} - \frac{3.14 \cdot 0.824^2}{4} - \frac{3.14 \cdot 0.102^2}{4} \cdot 514 \right) = 8.88 \text{ м}^2.$$

Загальна площа поверхні нагріву ПК (номінальна):

$$F_k = 191.25 + 3.11 + 12.91 + 8.88 = 216.15 \text{ м}^2.$$

3.5.2. Розрахунок на міцність елементів ПК

Товщину стінки обечайки ПК (рис. 3.4) визначаємо згідно *ГОСТ14249 - 73 "Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность"* за формулою:

$$S_k = \frac{P_p \cdot D_3}{2\varphi \cdot \sigma_{дон} - P_p} + C + C_1,$$

$$\text{де } P_p = 3.95 \text{ кгс/см}^2 ;$$

$$D_3 = 343.4 \text{ см};$$

$$\varphi = 1.0$$

$$\sigma_{don} = \eta \cdot \sigma;$$

де $\eta = 1.0;$

$$\sigma = 1310 \text{ кгс/см}^2;$$

$$C = 0.1 \text{ см};$$

$$C_1 = 0.08 \text{ см}.$$

Розрахункова товщина стінки обечайки ПК:

$$S_k = \frac{3.95 \cdot 343.4}{2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1310 - 3.95} + 0.1 + 0.08 = 0.699 \text{ см}.$$

Приймаємо конструктивно:

$$S_k = 8 \text{ мм}.$$

Проводимо перевірочний розрахунок обечайки ПК при випробувальному тиску [9]. Необхідно, щоб напруження не перевищувало границі текучості вуглецевої сталі.

$$S_k = \frac{P_{вип} \cdot D_k}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma^* \cdot \eta - P_{вип}} + C + C_1.$$

Звідки

$$\sigma^* = \frac{P_v \cdot D_L + C + C_1 + P_v}{2 \varphi \cdot \eta \cdot S_k}$$

де $P_v = 6.5 \text{ кгс/см}^2.$

$$\sigma^* = \frac{6.3 \cdot 341.8 + 1.0 + 0.8 + 6.3}{2 \cdot 0.95 \cdot 1 \cdot 0.8} = 1415 \text{ кгс/см}^2$$

Що менше допустимого $1490 \text{ кгс/см}^2.$

Визначаємо номінальне допустиме напруження за границею текучості [9]

$$\sigma^* \leq \frac{\sigma_m}{n_m}$$

$$\sigma_m = 2090 \text{ кгс/см}^2$$

$$n_m = 1.5.$$

$$\sigma^* \leq \frac{2090}{1.5} = 1393 \text{ кгс/см}^2, \text{ що менше допустимого } 1490 \text{ кгс/см}^2$$

Товщину стінки обечайки ЦТ, яка працює під зовнішнім тиском визначаємо за формулою:

$$S_{\text{ц}} = 0.47 \cdot \frac{D_{\text{мц}}}{1000} \cdot \left(\frac{P_p}{10^{-6} E^t} \cdot \frac{l_p}{D_{\text{мц}}} \right)^{0.4} + C + C_1$$

де $D_{\text{мц}}$ – внутрішній діаметр ЦТ:

$$D_{\text{мц}} = 80.8 \text{ см};$$

$$l_p = 122.7 = \text{см.}$$

$$10^{-6} E^t = 1.86 \text{ кгс/см}^2$$

$$S_{\text{ц}} = 0.47 \cdot \frac{80.8}{1000} \cdot \left(\frac{3.95}{1.86} \cdot \frac{122.7}{80.8} \right)^{0.4} + 0.1 + 0.08 = 0.787,$$

Товщину обечайки ЦТ парової камери приймаємо

$$S_{\text{ц}} = 0.8 \text{ см.}$$

3.5.3. Розрахунок товщини ТР ПК

Товщину стінки ТР ПК розраховуємо як плоску стінку підсилену рівномірно розміщеними анкерними трубами за формулою [9]:

$$S_u = \kappa_1 \cdot \sqrt{\frac{P_{роз} \cdot (a^2 + b^2)}{100 \cdot \sigma_{дон}}}$$

$$\kappa_1 = 0.42$$

a і b – відстані в трубній решітці між центрами отворів.

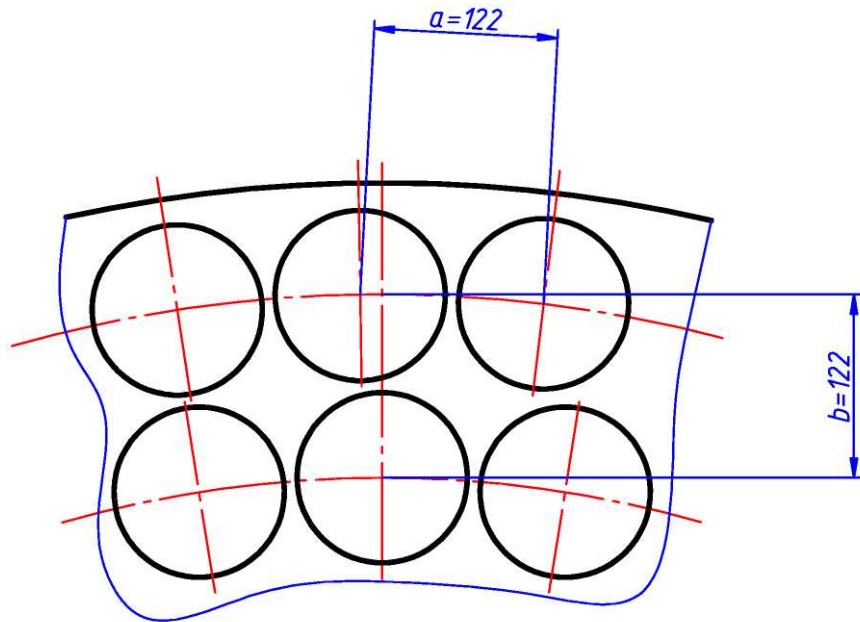


Рисунок 3.5 – Елемент ТР

Приймаємо конструктивно

$$a = b = 122 = 12.2 \text{ см.}$$

$$\sigma_{дон} = \eta_3 \cdot \sigma_{дон}^*$$

Для зварного шва і плоскої стінки [12]:

$$\eta_3 = 0.6$$

$$\sigma_{дон}^* = 1310 \text{ кгс/см}^2$$

Тоді допустиме напруження буде:

$$\sigma_{\text{дон}} = 0.6 \cdot 1310 = 786 \text{ кгс/см}^2$$

Для гарантії міцності ТР замість розрахункового тиску в розрахунках використовуємо випробувальний тиск:

$$P_{\text{в}} = 6.5 \text{ кгс/см}^2.$$

Тоді товщина ТР буде:

$$S = 0.42 \cdot \sqrt{\frac{6.5 \cdot (12.2^2 + 12.2^2)}{100 \cdot 786}} = 0.65 \text{ см} = 6.5 \text{ мм}$$

Конструктивно приймаємо товщину $S = 10$ мм з умови жорсткості, враховуючи великий діаметр отворів під КТ.

3.5.4. Розрахунок елементів корпусу ВВА

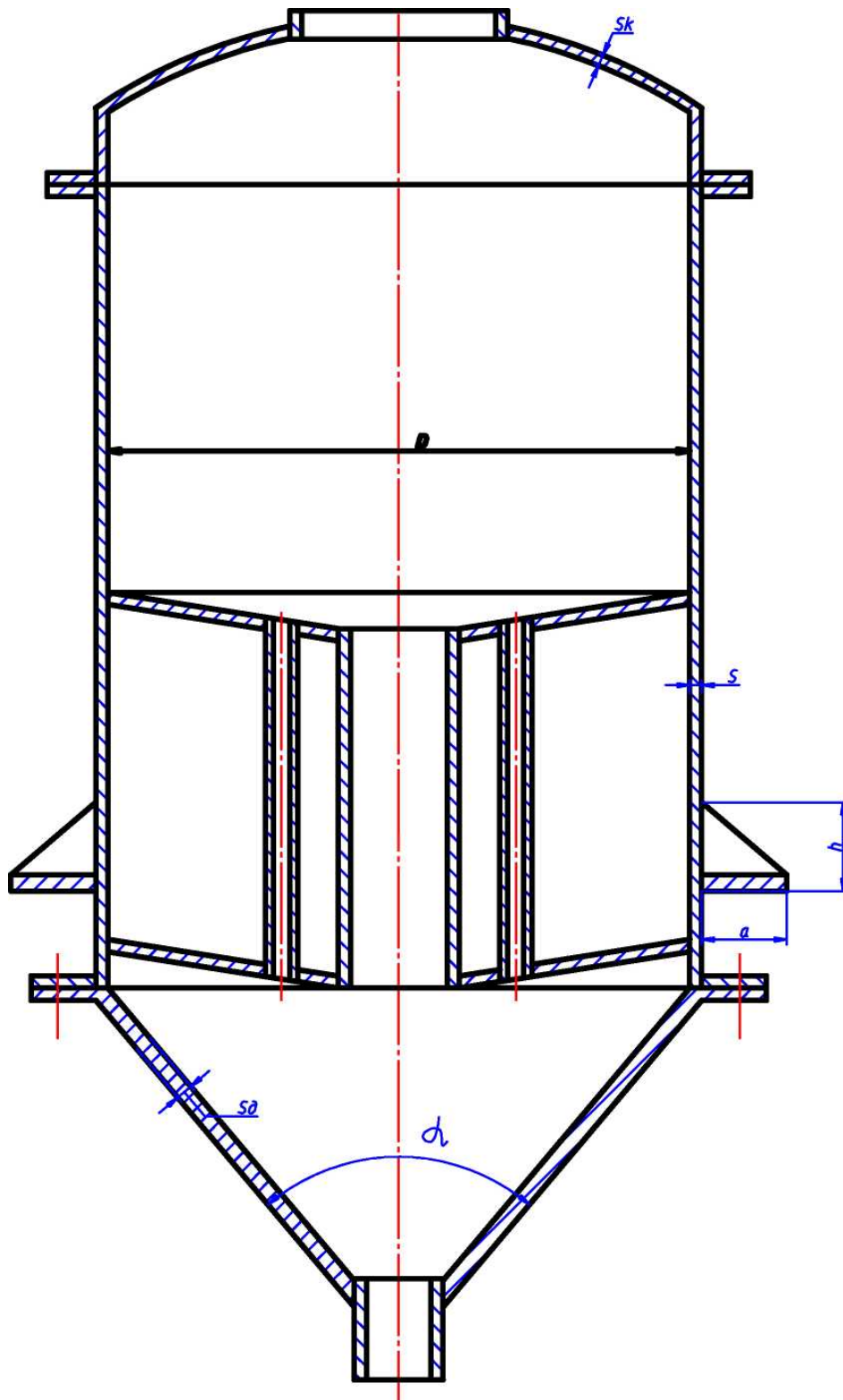


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема корпусу ВВА

Проведемо міцнісний розрахунок ВВА на робочий режим, згідно даних теплового та конструктивного розрахунків.

Вихідні дані:

$D = 2a = 3800$ мм - внутрішній діаметр апарата;

$a_1 = 1700$ мм - відстань від осі кожуха до осі найбільш віддаленої кип'ятильної труби;

$L = 1203$ мм – довжина кип'ятильних труб;

$d_T = 102$ мм – зовнішній діаметр кип'ятильних труб;

$s_T = 3.5$ мм – товщина стінок труб

$n = 514$ – число кип'ятильних труб;

$G = 17825$ кг – маса апарата;

$N = 10000$ – кількість теплосмін, що може бути протягом всього строку служби апарата;

$p_m = 0.294$ МПа – робочий тиск в паровому просторі;

$p_m = 0.093$ МПа – робочий тиск в соковому просторі;

$\Delta t = 25$ °С – різниця температур кожуха гріючої камери і трубок.

$\alpha_m = \alpha_k = 1.2 \cdot 10^{-3}$ 1/град – коефіцієнт лінійного розширення матеріалів труб і кожуха [12];

$E_p = E_m = E_k = 1.9 \cdot 10^5$ МПа – модулі поздовжньої пружності матеріалів решітки, трубок і кожуха (сталь) [12];

$[\sigma] = 134$ МПа – допустиме напруження для сталі [12];

$D_E = 490$ мм – діаметр кола, вписаного в максимальну безтрубну площу;

$\varphi = 0.9$ - коефіцієнт міцності зварних швів.

$c = 1$ мм та $c = 4$ мм – прибавки до товщини на компенсацію корозії для стінки циліндричної обечайки та кришки апарата.

$\sigma_T = 200$ МПа – границя текучості.

Товщину стінки циліндричної обечайки парової камери було визначено вище. Вона дорівнює 8 мм.

Припускаючи, що обечайка з'єднана з жорстким фланцем, визначимо місцеве меридиональне напруження у закріпленого її края [12].

$$\sigma_l = 2.04 \cdot \frac{p \cdot r}{S} = 2.04 \cdot \frac{0.294 \cdot 1.9}{0.008} = 142.443 \text{ МПа}$$

Отримане місцеве напруження перевищує допустиме напруження для даного матеріалу: $142.443 \text{ МПа} > 134 \text{ МПа}$.

Але дослідження [12] допускають підвищення значення допустимих напружень в 1.3рази. У даному випадку можна прийняти

$$[\sigma]_m = 1.3 [\sigma] = 1.3 \cdot 134 = 174.2 \text{ МПа}.$$

При цьому значенні допустимого напруження товщина стінки обечайки гріючої камери є достатньою.

Товщину стінки циліндричної обечайки апарата визначаємо за формулою [12]

$$S_k = \frac{2.04 \cdot p \cdot r}{\varphi \cdot [\sigma]_m} + c = \frac{2.04 \cdot 0.294 \cdot 1.9}{0.9 \cdot 174.2} + 0.004 = 0.011 \text{ м} = 11 \text{ мм}.$$

Приймаємо конструктивно 12 мм.

Для апарата використовуємо еліптичну кришку ($R_p = D$), товщину якої знаходимо за формулою [19];

$$S = \frac{p \cdot R_p}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0.5 p} + c = \frac{0.294 \cdot 3.8}{2 \cdot 0.9 \cdot 134 - 0.5 \cdot 0.294} + 0.004 = 0.0087 \text{ м} = 9 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину кришки 10 мм.

Товщину стінки конічного днища визначаємо за формулою [12]:

$$S = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p} \cdot \frac{l}{\cos \alpha} + c = \frac{0.294 \cdot 3.8}{2 \cdot 0.9 \cdot 134 - 0.294} \cdot \frac{1}{0.76} + 0.004 = 0.01 \text{ м} = 10 \text{ мм}.$$

3.5.5. Вибір і розрахунок опор випарного апарата

Розраховуємо опори (лапи) (рис. 3.6) випарного апарата [19] .

Згідно вимог монтажу необхідно встановити опори з вильотом $b = 460$ мм. У відповідності з умовами монтажу та експлуатації апарата приймаємо кількість лап $n = 4$.

Попередньо вибираємо опору по ОСТ 26-665-79, з розмірами: $b=460\text{мм}$, $h = 720\text{мм}$, $f_{max}=120\text{ мм}$.

$$G = 178250 \text{ Н.}$$

Визначаємо плече навантаження приймаючи $s_0=s_k$:

$$l_1 = \frac{b + f_{max} + S_0}{2} = \frac{46 + 12 + 1,2}{2} = 29.6 \text{ см.}$$

Навантаження на одну опору:

$$Q = \frac{\lambda_1 \cdot G}{n} = \frac{2 \cdot 178250}{4} = 89125 \text{ Н.}$$

Навантаження допустиме для вибраної опори (допустиме навантаження 9300Н).

Визначаємо співвідношення параметрів апарата та опори:

$$\gamma = \frac{D}{2S_0} = \frac{3800}{2 \cdot 12} = 158.3 \quad \frac{h}{D} = \frac{460}{3800} = 0.121.$$

Напруження від дії внутрішнього диску:

$$\sigma_{m0} = \frac{p \cdot D}{4s_0} = \frac{0.294 \cdot 3.8}{4 \cdot 0.012} = 23.275 \text{ МПа}$$

Максимальне мембранне напруження від основних навантажень та реакції опори визначаємо за формулою:

$$\sigma_m = \sigma_{m0} \pm k_1 \frac{Q \cdot l_1}{D \cdot s_0^2} = 23.28 \cdot 10^6 \pm 1.6 \cdot \frac{89125 \cdot 0.296}{3.8 \cdot 0.012^2} = 23.28 \cdot 10^6 \pm 77.14 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де $k_1 = 1.6$ – коефіцієнт, що залежить від параметрів γ та s/D [19].

Тоді:

$$(\sigma_m)_{max} = 100.4 \text{ МПа}$$

$$(\sigma_m)_{min} = -53.86 \text{ МПа}$$

Максимальне напруження при згині опори визначаємо за формулою [19]:

$$\sigma_u = k_2 \frac{Q \cdot l_1}{h \cdot s_0^2} = 0.67 \cdot \frac{89125 \cdot 0.296}{0.72 \cdot 0.012^2} = 170.5 \cdot 10^6 \text{ МПа},$$

де $k_2 = 0.67$ – коефіцієнт, що залежить від параметрів γ та h/D [19].

Перевіримо умову міцності [19]:

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_T} \right)^2 + \frac{0.8 \cdot \sigma_u}{1.2 \cdot \sigma_T} = \left(\frac{100.4}{200} \right)^2 + \frac{0.8 \cdot 170.5}{1.2 \cdot 200} = 0.82 < 1$$

Таким чином умова міцності виконується, і опора вибрана правильно.

3.6. Особливості експлуатації ВВА Ж4-ПВА

ВВА встановлюються зазвичай в два ряди на майданчику над другим поверхом заводу для того, щоб спущений утфель самопливом поступав в утфелемішалки, потім в утфелерозподілювачі і центрифуги. Цукор самопливно поступати на транспортери, що передають його в сушильне відділення (білий цукор) або на клеровку і аффинацію (жовті цукру).

ВВА, що працюють під тиском, повинні бути забезпечені також запобіжними клапанами, які встановлюються у верхній частині надсокового простору. При установці двох ВВА паровідвідні труби з верхньої частини апаратів сполучають в один загальний колектор, з якого сокова пара поступає на обігрів наступного корпусу і на інші потреби заводу. При встановленні на трубопроводах та на паропроводах, слід уникати зайвих колін, вентилів і т.п. Екстрапар для обігріву обладнання слід відводити з парової камери дальшого корпусу. При обігріві ВВА соковою парою I корпусу підводити пару слід з ПК II корпусу. Трубопровід для відведення конденсату з ПК на колонку повинен мати ухил 20 мм на 1 м і бути рівним.

При обслуговуванні ВВА необхідно дотримуватися відповідних правил техніки безпеки: стежити, щоб пробні крани апаратів були закріплені в своїх гніздах. При ненормальній роботі у ВВА може утворитися надмірний тиск замість розрідження, що може призвести до руйнування оглядових вікон і до опіку робітників гарячим утфелем. В такому випадку слід терміново негайно закрити парові вентилі і відкрити пароповітряний вентиль, а також заборонити підходити до оглядових вікон стекол і рухати пробні крани.

При вивантаженні утфеля з ВВА спусковий клапан слід відкривати обережно, щоб не утворювалися бризки гарячого утфеля. Перед ремонтом ВВА парові, повітряні і сокові вентилі необхідно щільно закрити, а на парових комунікаціях встановити заглушки. Перед внутрішнім оглядом ВВАу необхідно провентилювати його і охолодити теплою, а потім холодною водою до

температури не вище 40°C. При внутрішньому огляді ВВА необхідно застосовувати переносну лампу напругою 12 В.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ УВАРЮВАННЯ УТФЕЛЮ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З МОДЕРНІЗАЦІЇ ВВА Ж4-ПВА

4.1. Кінетика уварювання утфелю

Уварювання утфелю, що відбувається у ВВА періодичної є складним тепломасообмінним процесом. Утфель подається на уварювання у вигляді густого сиропу. Під час уварювання у ньому відбувається випарювання води (утворення водяної пари) та одночасна кристалізація цукру. Кінцевою метою цього процесу є утворення цукру відповідної якості та дисперсності. Зазвичай потрібно щоб утворені кристали цукру були досить крупними. Це полегшує їх подальше центрифугування і сушіння. Кінетика процесу встановлює швидкості з якими з відбувається перехід речовини з однієї фази в іншу. У процесі росту кристалів цукру відбувається масовіддача до поверхні граничного шару, дифузія речовини через цей шар до поверхні кристалу цукру, рух частинок вздовж поверхні кристалу і включення їх у поверхневу кристалічну решітку, відведення теплоти кристалізації та вивільненої гідратаційної води від поверхні кристалу. Рушійною силою кристалізації є різниця концентрацій між концентрацією перенасиченого розчину і насиченого розчину у граничній дифузійній плівці, що покриває зростаючий кристал.

Кінетика процесу кристалізації описується рівнянням:

$$\frac{dM}{S \cdot d\tau} = k \cdot \Delta C, \quad (4.1)$$

де M — маса речовини, що кристалізується, кг;

S — площа поверхні кристалізації (поверхня кристалів), м²,

τ - тривалість масообміну, с;

k — коефіцієнт швидкості кристалізації, м /с;

ΔC — рушійна сила процесу, кг /м³.

Дослідження різних фахівців [4-8, 10-13, 18] показують, що на швидкість та ефективність процесу кристалізації впливають різні фактори (див. п.1.1), відмічено що кінетика процесу уварювання утфелю у періодичних ВВА залежить від гідродинамічної обстановки процесу, теплофізических властивостей цукрових розчинів і утфелів, тощо. У свою чергу, гідродинамічна обстановка, що створюється в процесі кристалізації, великою мірою залежить від конструктивних особливостей ВВА.

4.2. Уварювання утфелей при механічному перемішуванні

В [4, 8, 18] відмічено факти несприятливої гідродинамічної обстановки у ВВА періодичної дії, особливо на заключній стадії уварювання утфеля. На цій стадії в'язкість утфеля різко зростає внаслідок збільшення процентного вмісту кристалів цукру в ньому і підвищення в'язкості міжкристального розчину. Це приводить до зростання гідравлічних опорів всіх ділянок циркуляційного контура. Також збільшуються термічні опори, підвищується можливість недогріву утфеля на вході в КТ, зменшується довжина ділянки генерації пари КТ та рушійний тиск циркуляції утфелю. Можливим є повне припинення кипіння утфеля в КТ і як наслідок процесу уварювання. Для уникнення такої ситуації доцільним є використання у ВВА з метою покращення циркуляції утфелю ПП.

Вивчення процесу кристалізації цукру [4] в процесі уварювання утфеля при різних швидкостях перемішування і циркуляції показало його суттєвий вплив на кінетику процесу. Отримані [4] криві лінійного і масового зростання кристалів, а також швидкості кристалізації залежно від тривалості уварювання показані на рис. 4.1. З рис. 4.1 видно, що лінійне зростання кристалів цукру у всіх випадках описується експоненціально убуючими кривими. Масове зростання кристалів цукру за відсутності перемішування (рис. 4.1. а) на початку уварювання відображається зростаючою кривою. Потім зі збільшенням

розмірів кристалів цукру, зростання в'язкості та уповільнення циркуляції утфеля поступає недостатня кількість теплоти через поверхню теплообміну, і швидкість масового росту кристалів зменшується. Графік зміни маси кристалів цукру після точки перегину приймає вид затухаючої кривої.

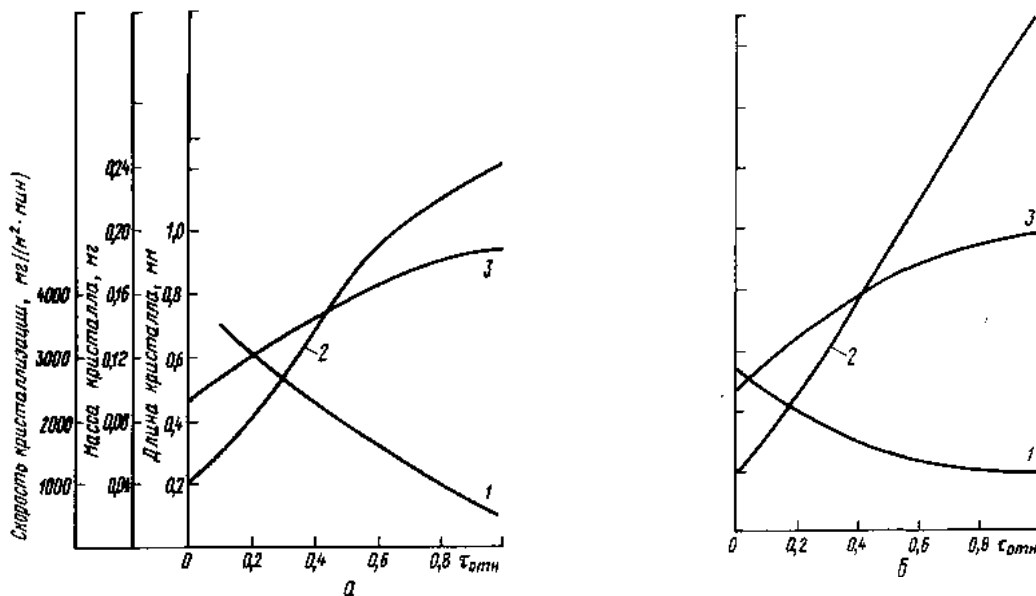


Рисунок. 4.1. - Зміна швидкості кристалізації (1), маси кристалів цукру (2) і їх лінійного розміру (3) в процесі уварювання на апараті без перемішування (а) і з перемішуванням (б)

При уварюванні цекрового утфеля з перемішуванням (рис. 4.1, б) точки перегику лінії масового росту немає. Крива 1 – швидкості кристалізації цукру знаходиться на більш високому рівні, ніж при уварюванні утфеля без ПП. Це показує, що передчасне зменшення зростання маси кристалів цукру відбувається через зниження кристалізаційної здатності міжкристального розчину, але також за рахунок зменшення пересичення нижче допустимої межі внаслідок поступового зменшення теплового потоку.

Дослідженнями [4] також встановлено, що на початку уварювання ПП істотно не впливають на коефіцієнт теплопередачі. Проте відбувається його збільшення на 45—77% в кінці процесу порівняно з уварюванням утфелю без перемішування (рис. 4.2.).

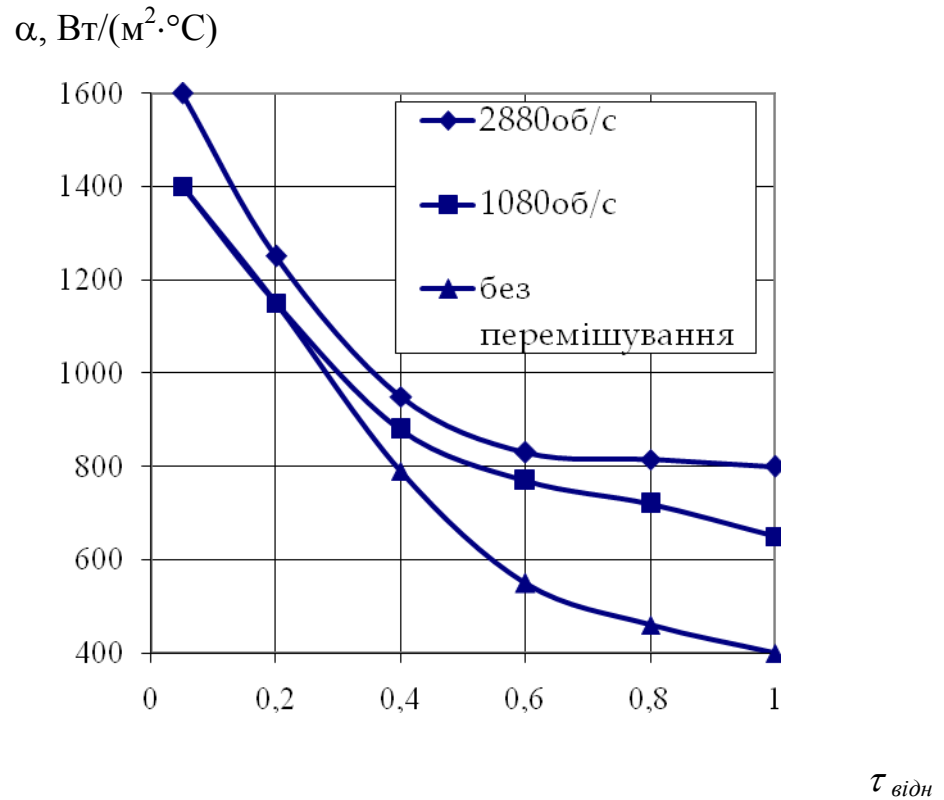


Рисунок 4.2. - Зміна коефіцієнта теплопередачі в процесі уварювання утфеля на вертикальному у вакуум-апараті без перемішування (1) і з перемішуванням (2 — 1080 об/с, 3 — 2880 об/с)

На рис.4.3. показана швидкість циркуляції утфелю під час уварювання.

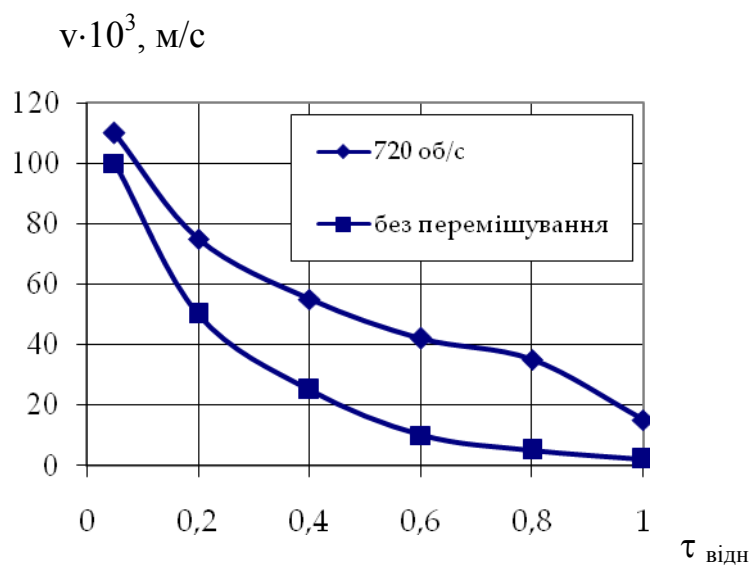


Рисунок 4.3. - Зміна швидкості циркуляції утфеля при уварюванні без ПП (1) і з ПП (2 — 720 об/с)

З рис.4.3. видно, що робота ПП суттєво збільшує швидкість циркуляції цукрового утфеля до кінця уварювання. Значення швидкості циркуляції утфеля на початку процесу становили: без ПП — 100 мм/с, з ПП — 111 мм/с, а в кінці уварювання — 1,5 мм/с і 18 мм/с (в 12 разів більше).

У результаті за рахунок механічного перемішування відбувалася інтенсифікація процесу і його тривалість скорочується на 11%. Крім того відбувається покращення таких технологічних показників: наростання кольоровості утфеля (знижується на 10,7%), внаслідок зменшення тривалості процесу та відсутності зон місцевого перегріву; збільшується на 2,1% виснаження міжкристального розчину за рахунок уварювання утфеля до більш високого вмісту СР; покращується гранулометричний склад кристалів цукру; коефіцієнт неоднорідності знижується на 4,5%; середній приріст кристалів цукру досягає 0,22 мм/год, що на 0,09 мм/год більше ніж без перемішування [4]. Коефіцієнт теплопередачі зростає при тиску гріючої пари 150 кПа на 20,8%, а при тиску 130 кПа - на 11,3%.

Переважа в механічній циркуляції особливо помітна в кінці процесу, оскільки швидкість випаровування води є 3 рази більшою ніж при природній циркуляції. При уварюванні з ПП на остаточне згущування утфеля витрачається 15 хв, баз ПП — 45 хв. Також, при уварюванні утфеля у ВВА з ПП значно значно зменшується витрата пари і палива.

4.3. Дослідження впливу конструктивних параметрів ПП на гідродинаміку перемішування утфелю

4.3.1. Теоретичне дослідження гідродинаміки перемішування утфелю турбінною мішалкою відкритого типу

Основою для оцінки роботи різних ПП є гідродинамічні параметри: розподіл швидкості рідини в апараті, насосний ефект мішалки (НЕМ), час циркуляції.

Модернізацією ВВА передбачено встановлення турбінної мішалки відкритого типу (ТМВТ).

ТМ обладнані лопатками і мають чітко окреслений ротор. У ТМВТ лопатки не заключені в корпус. Найбільш простою і водночас ефективною конструкцією є ТМ з прямими плоскими лопатками, які розміщені радіально. Основні розміри ТМ з похилими плоскими лопатками (ППЛ) показані на рисунку 4.4.

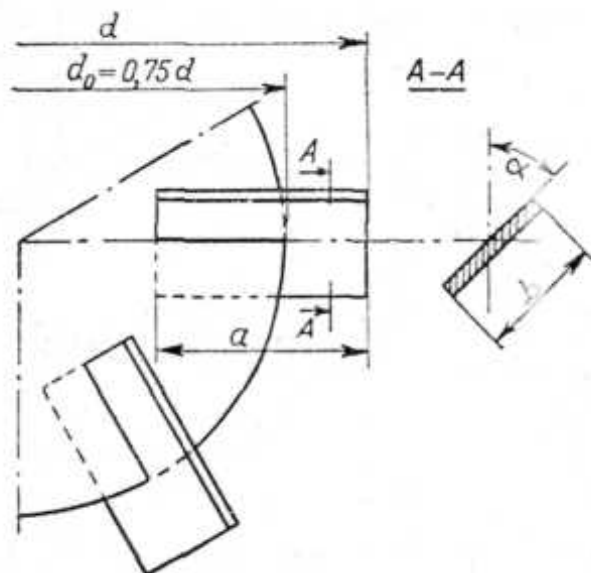


Рисунок 4.4. – Основні розміри ТМ мішалки з ППЛ

Кут нахилу ППЛ відносно площини обертання може бути: 30° , 45° , 60° . Найчастіше він дорівнює $\alpha=45^\circ$. Така ТМ створює осьовий потік рідини, що є важливим переміщення утфелю у ВВА в заданому напрямку. Характер руху рідини в таких ТМ є складним.

Для математичного опису перемішування рідини частіше використаємо циліндрична система координат (r, φ, z) . Результуючу швидкість w рідини в будь-якій точці ТМ можна розкласти на три складові: радіальну складову w_r , осьову складову w_z та тангенціальну складову w_t (рисунок 4.5). Окремі складові можна визначити за залежностями [25]:

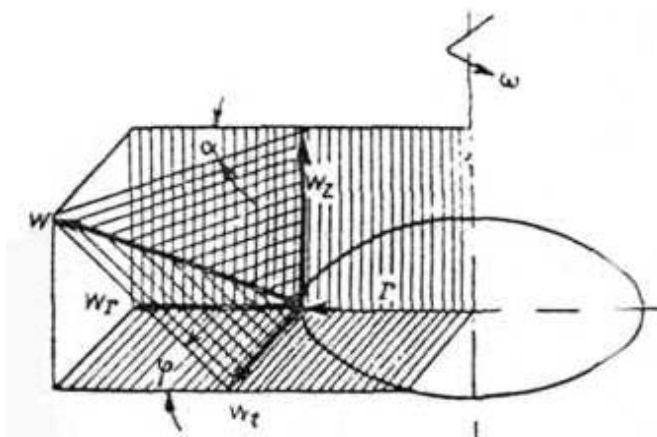
$$w_r = \frac{w}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad (4.2)$$

$$w_t = \frac{w \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad (4.3)$$

$$w_z = \frac{w \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad (4.4)$$

де α – кут, що визначає відхилення вектору результуючої швидкості від вертикальної площини, яка проходить через вісь апарата та початок цього вектору;

φ – кут, що визначає відхилення вектору результуючої швидкості від горизонтальної площини, перпендикулярної до осі апарата (площина обертання мішалки).



Вісь мішалки

Рисунок 4.5 – Схема розкладу сумарної швидкості рідини в ПП з мішалкою на складові: w_r – радіальна складова, w_t – тангенціальна складова, w_z – осьова складова, w – сумарна швидкість

Результуюча швидкість в площині мішалки на відстані r [25]:

$$\frac{w}{n \cdot d_M} = 0,223 \cdot r^{-1.56} \cdot \left(\frac{d_M}{D_M} \right)^{1.62}, \quad (4.5)$$

де d_M – діаметр мішалки, м;

n – число обертів мішалки, с^{-1} ;

D_M – внутрішній діаметр ПП з мішалкою, м.

Формула справедлива для $d_M/D_M = 1/7 \div 1/2$.

Встановлено [25], що швидкість обертання мішалки і висота її встановлення при $h/D_M = 1/3 \div 1/2$ $h/D = 1/3 \div 1/2$ не впливають на значення

відношення $\frac{w}{n \cdot d}$.

Для забезпечення додаткової циркуляції цукрового утфелю важливим параметром є НЕМ (об'ємна витрата рідини через ТМ, що розглядається як ротор насоса).

ТМ з ППЛ створюють змішаний радіально-осьовий потік. Для них загальний НЕМ V_p^* буде сумою радіального V_{pr}^* та осьового V_{pz}^* потоків:

$$V_p^* = V_{pr}^* + V_{pz}^* \quad (4.6)$$

ППЛ нахилені відносно площини $z = const$ під кутом $\alpha = const$ (цей кут не змінюється зі зміною радіуса r). Складові вектора швидкості для ППЛ в радіальному та осьовому напрямках показані на рисунку 4.3.

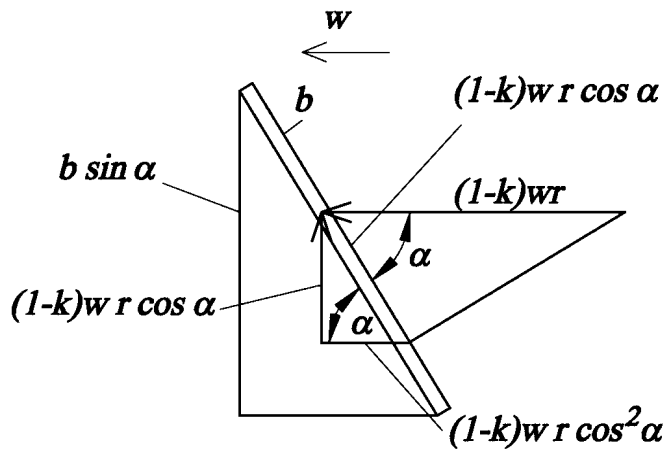


Рисунок 4.6. - Схема розподілу вектора швидкості для ППЛ

Різниця між коловою швидкістю ТМ та коловою швидкістю рідини як тангенціальна швидкість діє на ППЛ в площині мішалки, $z = const$

$$(w - w_c) \cdot r = (1 - k) \cdot w \cdot r \quad (4.7)$$

Вона розкладається на складові:

радіальну:

$$(1 - k) \cdot w \cdot r \cdot \cos^2 \alpha$$

і осьову:

$$(1 - k) \cdot w \cdot r \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha.$$

НЕМ радіального потоку для перерізу кола циліндра $\pi \cdot b \cdot d$ при $w \cdot r = \pi \cdot d \cdot n$:

$$V_{pr}^* = \pi^2 \cdot (1 - k) b \cdot n \cdot d^2 \cdot \cos^2 \alpha. \quad (4.8)$$

НЕМ ефект осьового потоку для поперечного перерізу ТМ $\frac{\pi \cdot d^2}{4}$ розраховується шляхом інтегрування, приймаючи елементарний поперечний переріз $2\pi \cdot r \cdot dr$ і швидкість уноса для радіуса r : $w = \pi \cdot n \cdot r$.

Звідки:

$$V_{pz}^* = 2\pi \cdot (1-k) \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot 2\pi \int_0^{d/2} r^2 \cdot dr \quad (4.9)$$

Після інтегруванн:

$$V_{pz}^* = \pi^2 \cdot (1-k) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot n \cdot \frac{d^3}{6} \quad (4.10)$$

Додаючи рівняння (4.10) і (4.11) знаходимо:

$$V_p^* = \pi^2 \cdot b \cdot n \cdot d^2 \cdot (1-k) \cdot \left(\cos^2 \alpha + \frac{d}{6b} \sin \alpha \cdot \cos \alpha \right), \quad (4.11)$$

де k – коефіцієнт, постійний для певної ТМ (визначається експериментально).

Результати експериментальних досліджень [25] деяких видів турбінних мішалок представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. – Результати експериментального дослідження насосного ефекту турбінних мішалок, що працюють в ємкостях без перегородок[25]

№	Характеристика мішалки				$Re = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\nu}$	$Eu = \frac{N}{n^3 \cdot d^5 \cdot \rho}$	$L_p = \frac{V_p^*}{n \cdot d^3}$	$\frac{Eu}{L_p} = \pi^2 \cdot k$
	Кут нахилу α	Z	$\frac{b}{d}$	$\frac{d}{D}$				
1	90°	8	0.2	0.513	1	0.95	0.34	2.8
2	60°	8	0.17	0.513	1	0.84	0.36	2.3
3	45°	8	0.14	0.513	1	0.72	0.31	2.3
4	30°	8	0.10	0.513	1	0.51	0.30	1.7

4.3.2. Дослідження впливу кута нахилу ППЛ ТМ мішалки на її насосний ефект при перемішуванні утфелю

Встановлення ПП у ВВА повинно забезпечити рух утфелю в осьовому напрямі, що забезпечується НЕМ. Провівши аналіз формул (4.8), і (4.10), (4.11) можна сказати, що НЕМ залежить від: ширини лопаті b , частоти обертання n та діаметра ТМ d в квадраті – прямопропорційно. Вплив на НЕМ ефект, зокрема, його радіальну і осьову складові, кута нахилу лопаті α буде змінюватися з його зміною. За експериментальними даними таблиці 4.1 визначаємо коефіцієнт k , який є постійною величиною для певного типу мішалок (рис. 4.4).

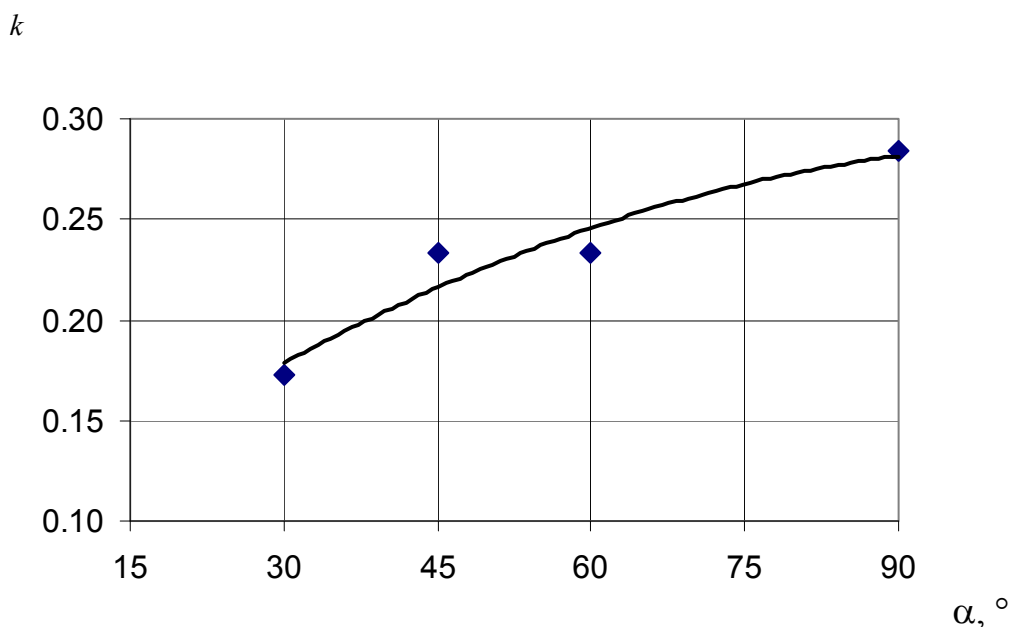


Рисунок 4.7. - Залежність коефіцієнту k від кута нахилу ППЛ

В результаті комп'ютерної обробки отримуємо емпіричне рівняння залежності коефіцієнта k від кута нахилу ППЛ α ,

$$k = -0.0571\alpha^2 + 0.218\alpha + 0.0801 \quad (4.12)$$

для проектованої ТМ з достовірністю апроксимації:

$$R^2 = 0.9208$$

Для визначення необхідного кута нахилу лопаток ТМ ПП для утфелю проведемо розрахунок на ЕОМ залежності НЕМ від кута нахилу α за допомогою програмного пакету Excel і графічно визначимо для якого кута нахилу вплив осьової складової НЕМ ефекту найбільший.

Діаметр ТМ приймемо конструктивно $d = 400\text{мм} = 0.4\text{м}$.

Відношенням ширини ППЛ до діаметру ТМ: $d/b=4$

Приймемо попередньо число обертів ТМ $n = 20 \text{ об/хв}$

Результати розрахунку наведено в таблиці 4.2 та на рисунку 4.6.

Таблиця 4.2. – Результати розрахунку залежності НЕМ ТМВТ для перемішування утфелю від кута нахилу ППЛ α

α , градус	α , радіан	$\pi^2 k$	k	V_p , м ³ /с	V_{pz} , м ³ /с	V_{pr} , м ³ /с	%
0	0.000	1	0.101	0.0473	0	0.0473	0.00
15	0.262	1	0.101	0.05202	0.00788	0.04414	15.16
30	0.524	1.7	0.172	0.04526	0.01258	0.03268	27.79
35	0.611	1.9	0.193	0.04183	0.01331	0.02852	31.82
38	0.663	2	0.203	0.03964	0.01357	0.02606	34.25
39	0.681	2.05	0.208	0.03879	0.0136	0.02519	35.06
40	0.698	2.1	0.213	0.03792	0.0136	0.02432	35.87
41	0.716	2.15	0.218	0.03704	0.01359	0.02345	36.69
42	0.733	2.2	0.223	0.03615	0.01356	0.02259	37.51
45	0.785	2.3	0.233	0.03364	0.01346	0.02019	40.00
50	0.873	2.3	0.233	0.02993	0.01325	0.01668	44.27
55	0.960	2.3	0.233	0.02593	0.01265	0.01328	48.77
60	1.047	2.3	0.233	0.02175	0.01165	0.01009	53.59
75	1.309	2.5	0.253	0.00918	0.00655	0.00263	71.33
90	1.571	2.8	0.284	-4E-09	-4E-09	1.1E-15	100.00

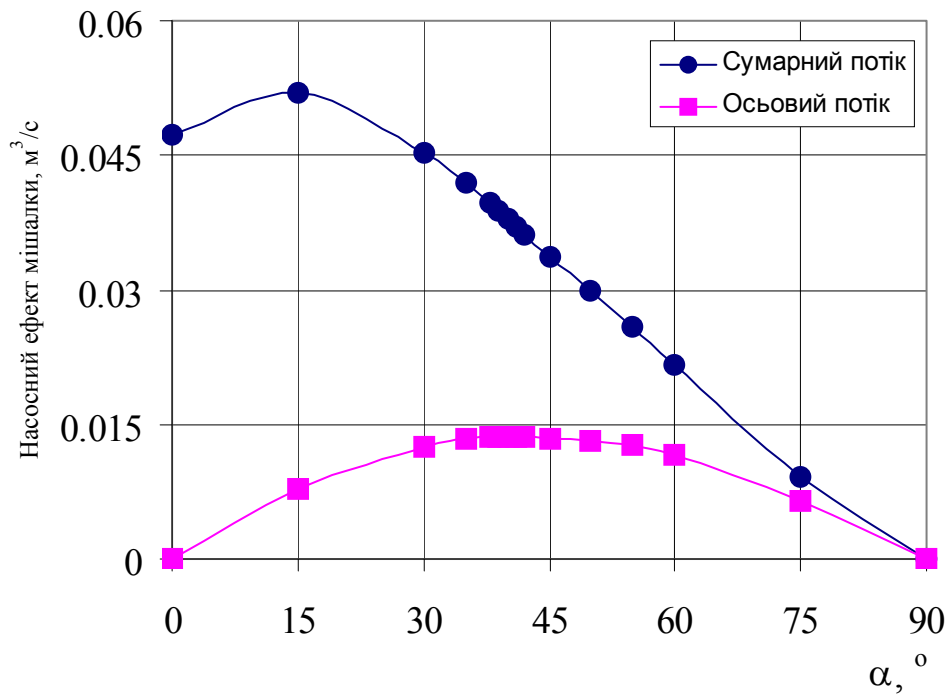


Рисунок 4.8. - Залежність НЕМ відкритої ТМ для перемішування утфелю від кута нахилу ППЛ α

Найбільше значення осьової складової НЕМ спостерігається для $\alpha = 40^\circ$.

Розрахунки НЕМ було проведено і для іншого числа обертів ТМ, але найбільший осьовий потік спостерігався при $\alpha = 40^\circ$.

4.3.3. Дослідження впливу кута нахилу ППЛ ТМ на потужність необхідну для перемішування утфелю

Потужність ТМ будемо визначати з рівняння модифікованого Eu для процесу перемішування [25]:

$$Eu = \frac{N}{n^3 \cdot d^5 \cdot \rho} \quad (4.13)$$

Eu для конкретного типу мішалок є величиною постійною і визначається експериментальним шляхом. Автори [25] наводять значення для різних типів мішалок, в тому числі і для ТМВТ з різним кутом нахилу ППЛ α . Значення Eu приймемо за результатами експериментальних досліджень [25].

Залежність Eu від кута нахилу ППЛ для ТМ наведена на рис. 4.9.

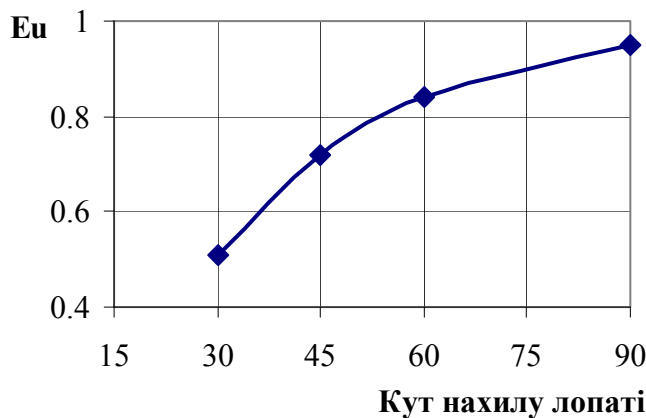


Рисунок 4.9. - Залежність Eu від кута нахилу ППЛ для ТМ

В результаті комп'ютерної обробки отримуємо рівняння для ТМ:

$$Eu = -0.4244\alpha^2 + 1.3043\alpha - 0.0527 \quad (4.14)$$

$$R^2 = 0.998/$$

Потужність необхідна для перемішування:

$$N = Eu \cdot n^3 \cdot d^5 \cdot \rho \quad (4.15)$$

Розрахунок потужності, необхідної для ПП, залежно від кута нахилу α ППЛ, для перемішування утфелю проведемо на ЕОМ за допомогою програмного пакету Excel. Результати розрахунку наведено в таблиці 4.3 та на рисунку 4.10.

Таблиця 4.3. – Результати розрахунку залежності потужності для перемішування утфелю від кута нахилу лопаті α

α , градус	α , радіан	Eu	k	N , Вт
5	0.087	0.05789	0.006	0.03
30	0.524	0.51388	0.052	0.26
45	0.785	0.7099	0.072	0.35
60	1.047	0.84775	0.086	0.42
75	1.309	0.92743	0.094	0.46
90	1.571	0.94892	0.096	0.47

Як видно з результатів розрахунку зі збільшенням кута нахилу лопаті α потужність зростає.

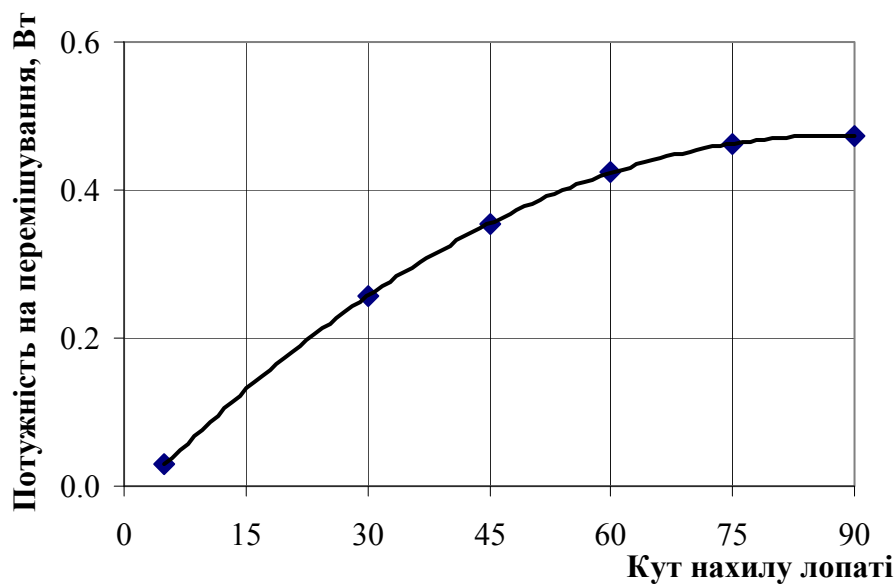


Рисунок 4.10. - Залежність потужності, необхідної для перемішування утфелю від кута нахилу лопаті α

4.4. Дослідження впливу геометричних параметрів ТМ на тепловіддачу

4.4.1. Визначення коефіцієнту тепловіддачі у модернізованому ВВА

Явище тепловіддачі в апаратах з ПП є складним, ускладненим гідродинамічною обстановкою. Коефіцієнти тепловіддачі в апаратах з ПП різні і залежать від багатьох факторів. Встановлення ПП в ЦТ ВВА здійснює суттєвий вплив на тепловіддачу в ЦТ і помірний вплив на тепловіддачу в КТ. Для оцінки впливу конструктивних параметрів ПП на процес тепловіддачі в ЦТ ВВА будемо його розглядати як тепловіддачу при перемішуванні в апараті з сорочкою.

Середнє значення коефіцієнта тепловіддачі:

$$\alpha = \frac{Q}{(t_s - t) \cdot F}, \quad (4.16)$$

де Q – кількість тепла, що проходить через всю поверхню F за одиницю часу при усталеному процесі; $(t_s - t)$ – середня різниця температур для ВВА з ПП, який має теплообмінну поверхню F .

З другого боку:
$$Nu = \frac{\alpha \cdot D}{\lambda}, \quad (4.17)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності Вт/(м·К).

В загальному випадку [25] при використанні ПП:

$$Nu = C \cdot Re^A \cdot Pr^B \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \dots, \quad (4.18)$$

де A, B, C – константи, що залежать від типу ПП;

$$Re = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\nu}; \quad Pr = \frac{c \cdot \nu}{\lambda},$$

4.4.2. Розрахунок поправочних коефіцієнтів, що враховують геометричні розміри мішалки

Для мішалок з ППЛ отримане рівняння [25]:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot D}{\lambda} = 0.35 \cdot Re^{2/3} \cdot Pr^{1/3} \cdot V^{0.14} \quad (4.19)$$

Рівняння справедливе для:

$$\begin{aligned} d/D=1/3, \quad h/D=1/3, \quad H/D=1, \quad b/d=1/5, \\ Z=6, \quad Re=3 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^5. \end{aligned}$$

Рівняння (4.17) можна використовувати при інших геометричних співвідношеннях мішалки, ввівши поправочні коефіцієнти[25]:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot D}{\lambda} = 0.35 \cdot Re^{2/3} \cdot Pr^{1/3} \cdot V^{0.14} \cdot \psi_Z \cdot \psi_D \cdot \psi_h. \quad (4.20)$$

Поправочні коефіцієнти:

$$\begin{aligned} \psi_D = \left(\frac{D}{3d} \right)^{-0.1}, \quad \psi_h = \left(\frac{3h}{D} \right)^{0.05}, \\ \psi_Z = \left(\frac{Z}{6} \right)^{0.15}. \end{aligned}$$

Оскільки залежність між коефіцієнтом тепловіддачі і критерієм Нусельта лінійна, то поправочні коефіцієнти будуть впливати прямопропорційно на коефіцієнт тепловіддачі. Розрахуємо поправочні коефіцієнти для різних геометричних параметрів ТМ:

- поправочний коефіцієнт ψ_D , для d/D що дорівнює 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1/1.5;
- поправочний коефіцієнт ψ_h , для h/D що дорівнює 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1/1.5;
- поправочний коефіцієнт ψ_Z для Z що дорівнює 1, 2, 3, 4, 6.

Результати розрахунків поправочних коефіцієнтів представлені в таблицях 4.4, 4.5, 4.6 та на рисунках 4.11, 4.12.

Таблиця 4.4.. – Результати розрахунку поправочного коефіцієнту ψ_D

№	d/D	$\psi_D = \left(\frac{D}{3d}\right)^{-0.1}$
1	1/5	0.951
2	1/4	0.972
3	1/3	1
4	1/2	1.041
5	1/1.5	1.072

Таблиця 4.5. – Результати розрахунку поправочного коефіцієнту ψ_h

№	h/D	$\psi_h = \left(\frac{3h}{D}\right)^{0.05}$
1	1/5	0.97
2	1/4	0.99
3	1/3	1.00
4	1/2	1.02
5	1/1.5	1.04

Таблиця 4.6. – Результати розрахунку поправочного коефіцієнту ψ_Z

№	Z	$\psi_Z = \left(\frac{Z}{6}\right)^{0.15}$
1	1	0.76
2	2	0.85
3	3	0.90
4	4	0.94
5	5	0.97
6	6	1.00

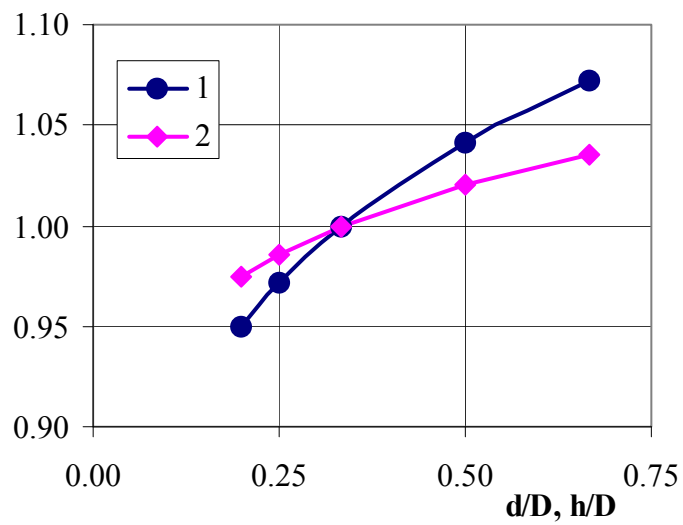
ψ_D, ψ_h 

Рисунок 4.11. -- Залежність поправочних коефіцієнтів: 1 - $\psi_D = f(d/D)$;
2 - $\psi_h = f(h/D)$

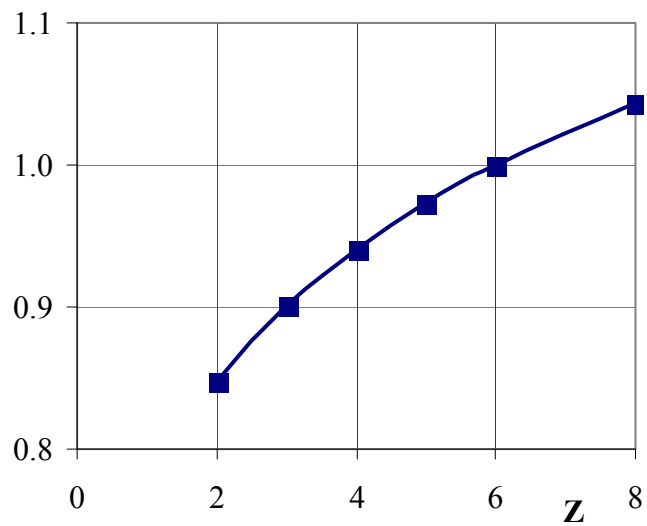
 ψ_Z 

Рисунок 4.12. - Залежність поправочного коефіцієнту ψ_Z від кількості лопатей $TM\ Z$

4.5. Аналіз результатів досліджень та рекомендації по конструкції ПП пристрою ВВА

В результаті проведених досліджень було визначено вплив конструктивних параметрів ПП, а саме нахилу лопаток турбінної мішалки на її насосний ефект при перемішуванні утфелю. Проведені розрахунки показали, що найбільше значення осьової складової НЕМ спостерігається для $\alpha = 40^\circ$.

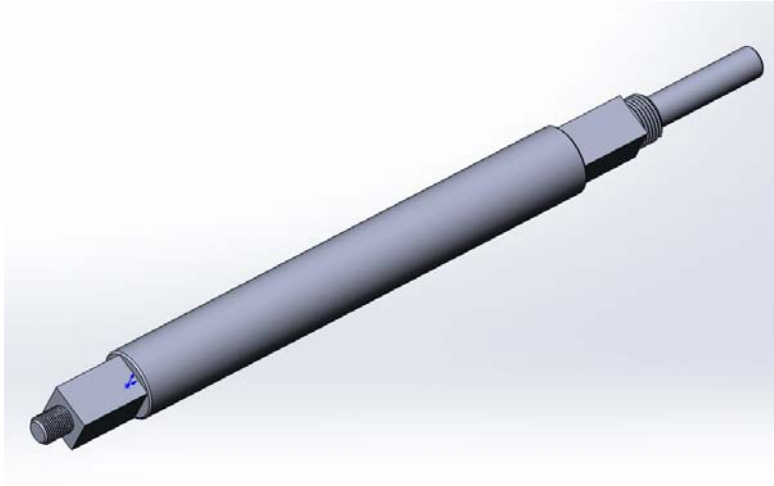
Зі збільшенням кута нахилу ППЛ ТМ збільшується потужність, необхідна для ПП, але оскільки при менших кутах нахилу потужність в основному витрачається на радіальну складову НЕМ, то для розробки конструкції мішалки приймаємо кут кута нахилу лопаток $\alpha = 40^\circ$.

Зміна конструктивних параметрів ПП, а саме відношення діаметру ТМ до діаметру ЦТ d/D , відношення висоти встановлення ТМ до діаметру ЦТ h/D , кількість лопаток ТМ зміну коефіцієнту тепловіддачі впливає не суттєво (поправочні коефіцієнти коливаються в межах 0.9 – 1.05).

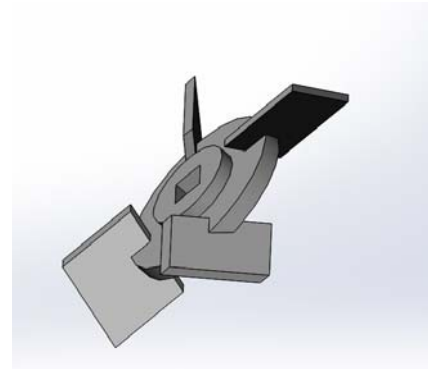
Основний вплив на тепловіддачу здійснює саме факт перемішування.

Тому прийняті попередньо конструктивні параметри ТМВТ: діаметр ТМ 400 мм, ширину ТМ 100 мм, кількість ППЛ ТМ 4, $d/D = 1/2$, $h/D = 1$ залишаємо без змін.

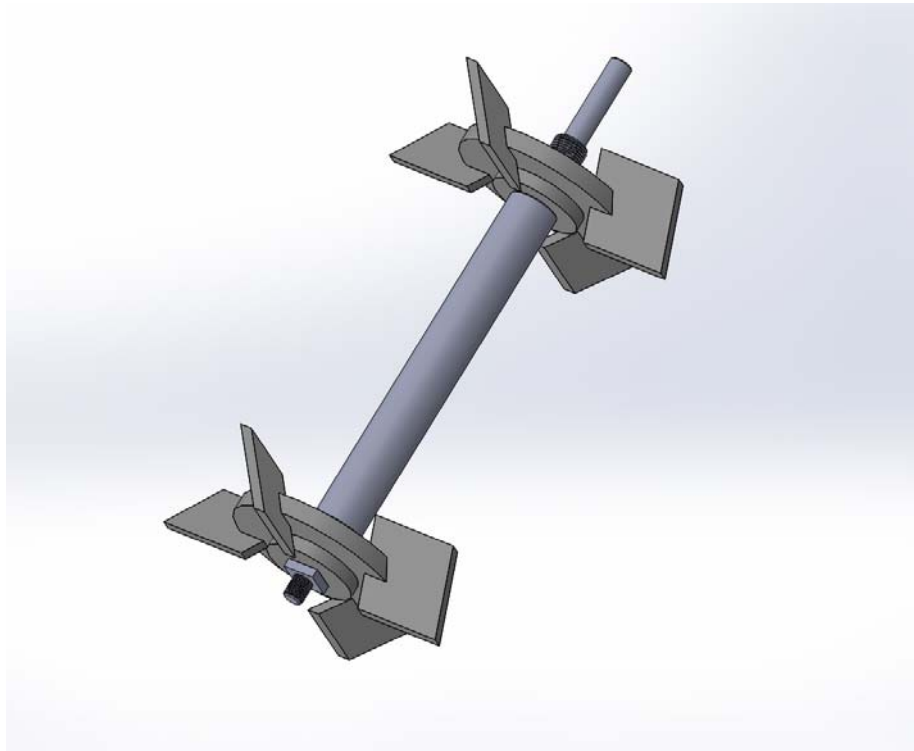
Відповідно до отриманих в результатів дослідження та інженерних розрахунків було розроблено 3d-модель ПП ВВА в середовищі SolidWorks, яку представлено на рис. 4.13



а)



б)



в)

Рисунок 4.13. - 3d-модель перемішувального пристрою ВВА Ж4-ПВА для уварювання утфелю: а) вал; б) мішалка; в) перемішувальгий пристрій

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Заходи з охорони праці

На бурякоцукрових і цукрорафінадних заводах незалежно від форм власності слід суворо дотримуватися загальних та галузових норм та правил техніки безпеки. На підприємствах по техніці безпеки проводяться: ввідний інструктаж, інструктаж на робочому місці, повторний інструктаж, курсове навчання. Проходження інструктажу реєструють в журналі.

Загальні вимоги.

1. Безпека технологічних процесів досягається попередженням небезпечної аварійної ситуації і повинна бути забезпечена:

- використанням безпечних технологічних процесів (видів робіт), а також безпечних прийомів, режимів обслуговування виробничого обладнання;
- використанням виробничих приміщень, що задовольняють відповідні вимоги безпеки і комфортності;
- використанням безпечного обладнання виробничих майданчиків (для процесів, виконуваних зовні виробничих приміщень);
- облаштуванням території підприємств;
- використанням висхідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, комплектуючих виробів (вузлів, елементів) і т.п., що не викликають небезпечної і шкідливої дії на працюючих.

При неможливості забезпечення безпечного і нешкідливого процесу повинні бути вжиті заходів, що забезпечують його безпеку:

- використання виробничого обладнання, що не є джерелом травмування і професійних захворювань;
- використання надійно діючих контрольно-вимірювальних приладів, пристроїв протиаварійного захисту;

- використання швидкодійної відсікаючої арматури і засобів локалізації небезпечних і шкідливих виробничих чинників;
- раціональне і безпечне розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць;
- розподіл функцій між людиною і машиною (обладнанням) в цілях обмеження фізичних і нервово-психічних (особливо при контролі) перевантажень;
- використання безпечних способів зберігання і транспортування висхідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції і відходів виробництва;
- використання методів і засобів контролю параметрів небезпечних і шкідливих виробничих чинників;
- позначення небезпечних зон при проведенні робіт;
- професійний відбір, навчання працівників, перевірка знань і навиків по безпеці праці;
- дотримання встановленого внутрішнього розпорядку;
- включення вимог безпеки в нормативно-технічну, проектно-конструкторську і технологічну документацію.

Випарні апарати

1. Виготовлення, монтаж і експлуатація випарних апаратів, що працюють під тиском, повинні відповідати вимогам "Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.
2. Випарні апарати повинні бути забезпечені:
 - замочними пристроями для відключення апаратів від трубопроводів;
 - мановакуумметрами на паровій камері і надсоковом просторі;
 - важільними і пружинними запобіжними клапанами, встановленими на паровій камері і в надсоковом просторі апаратів, що працюють під тиском;
 - термометрами для вимірювання температури в паровій камері і надсоковому просторі;
 - пристроєм для видалення конденсату.

3. Конструкцією випарних апаратів винні бути передбачені:
 - вузли установки датчика рівнеміра соку;
 - штуцери для підключення комунікацій реагентів хімічного очищення (розчину соди і кислоти), а також люки-лази з кришками, що відкриваються;
 - пристрій для введення масла в надсоковий простір.
4. Випарні апарати повинні бути обладнані оглядовими вікнами і рівнемірами соку. Скло оглядових вікон повинне бути термостійким відповідно до ГОСТ 21836. Оглядові вікна корпусів випарної станції, що працюють під тиском, повинні бути обладнані запобіжною сіткою.
5. Конструкція випарного апарату повинна передбачати можливість заміни труб через люк у верхній частині апарату без демонтажу вбудованого сепаратора.
6. Апарати повинні комплектуватися пристосуваннями підйому і опускання нижніх днищ. Днища апаратів повинні відповідати ГОСТ 6533.
7. Для здійснення контролю технологічного процесу, що відбувається у випарних апаратах, на них повинні бути обладнані оглядові і сокомірні вікна. На оглядових вікнах корпусів випарної станції, що працюють під тиском, повинні бути встановлені захисні сітки.

Вакуум-апарати

1. Вакуум-апарати повинні комплектуватися наступними контрольно-вимірювальними приладами: вакуумметрами, термометрами і манометрами на комунікаціях підведення пари в камеру, моновакуумметрами, а також сигналізацією про падіння розрідження і появу тиску в надутфельному просторі.
2. Циліндрична частина вакуум-апарата від верхньої кромки парової камери до верхньої лінії звареного утфеля повинна мати оглядові вікна з термостійкого скла, розташовані так, щоб забезпечити контроль рівня утфеля по всій висоті апарату, для захисту обслуговуючого персоналу від осколків скла і гарячої маси оглядові скла вакуум-апаратів повинні мати захисні пристрої.

Пристрій для підсвічування стекол повинен бути у вибухобезпечному виконанні. В конструкцію апарату повинні входити спеціальні світильники, що забезпечують належну освітленість місць відбору проб і оглядових вікон. Напруга живлення світильників повинна бути не більше 42 В.

3. Для уловлювання перекидань утфеля з вакуум-апаратів повинні застосовуватися пастки виносного типу з гідравлічним затвором.

4. Спускові і повітряні шибери вакуум-апаратів повинні мати приводи з дистанційним управлінням. Повітряні шибери вакуум-апаратів для створення попереднього розрідження повинні мати байпас з клапаном.

5. Крани для відбору проб утфеля з вакуум-апаратів повинні мати обмежувачі підйому пробок крана. Довжина рукоятки пробного крана повинна бути не менше 0,15 м. Кран повинен розташовуватися на висоті не більше 0,7 м від рівня підлоги (майданчики).

6. Температура поверхні теплової ізоляції вакуум-апарата не повинна перевищувати 45 °С.

5.2. Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Основні задачі підвищення стійкості переробних підприємств

Згідно Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012р. громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха і можуть вимагати від уряду України, інших органів державної виконавчої влади забезпечення його реалізації. Цивільний захист України є державною системою органів управління силами і засобами, що створюються для організації забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій (НС).

Забезпечення захисту населення від сучасних засобів нападу досягається проведенням цілого комплексу заходів, спрямованих на максимальне ослаблення результатів впливу зброї масової поразки, і створенням сприятливих умов для проживання і діяльності населення, функціонування об'єктів і сил цивільної оборони при виконанні задач. До таких заходів відносяться: забезпечення всього населення захисними спорудженнями і засобами індивідуального захисту; загальне обов'язкове навчання населення способам захисту від зброї масової поразки і діям по ліквідації наслідків нападу супротивника, аварій, катастроф і стихійних лих; розосередження робітників, службовців і евакуація населення з великих міст і зон можливого затоплення; забезпечення життєдіяльності евакуйованого населення; проведення протиепідемічних, санітарно-гігієнічних, спеціальних профілактичних і інших медичних заходів. В інтересах захисту населення організуються і проводяться такі заходи, як розвідка, оповіщення про повітряну небезпеку, про радіоактивне, хімічне, бактеріологічне зараження і катастрофічне затоплення, а також ряд заходів, що відносяться до інших груп задач.

Важлива група задач цивільного захисту (ЦЗ) — забезпечення стійкого функціонування народного господарства в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

Усталена робота об'єктів агропромислового комплексу дає можливість забезпечити населення країни достатньою кількістю основних продуктів харчування, а промисловістю-сировиною. Підвищення стійкості роботи об'єктів агропромислового комплексу і переробних підприємств досягається завчасним проведенням комплексу організаційних, інженерно-технічних, агротехнічних, зооветеринарних і інших заходів, спрямованих на максимальне зниження результатів впливу зброї масової поразки на об'єкти, а також створення умов для швидкої ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і забезпечення виробництва доброякісної харчової продукції. Першорядне значення в підвищенні стійкості роботи переробного підприємства має організація надійного захисту людей, сировини, обладнання і продуктів переробки від впливу шкідливих факторів, а також забезпечення стійкого керування службами і силами ЦЗ об'єкта й організація робіт з ліквідації наслідків нападу супротивника і відновленню нормальної виробничої діяльності об'єкта.

На стійкість роботи об'єктів народного господарства в надзвичайних ситуаціях впливають наступні фактори: надійність захисту робітників та службовців від дії уражуючих факторів; здатність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти в певній степені ударній хвилі, світловому випромінюванню і радіації; захищеність об'єкта від вторинних уражуючих факторів (пожеж, вибухів, зараження отруйними речовинами); надійність системи забезпечення об'єкту всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, комплектуючими виробами, електроенергією, водою, газом); стійкість і неперервність управління виробництвом та цивільною обороною; підготовленість об'єкту до ведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт та робіт по відновленню порушеного виробництва.

Однією з основних задач цивільної оборони є проведення заходів, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій, тобто здатності його виконувати свої функції в цих умовах. Перераховані фактори визначають собою основні, загальні для всіх об'єктів народного господарства, шляхи підвищення стійкості роботи в надзвичайних ситуаціях, а саме:

- забезпечення надійним захистом робітників і службовців від дії уражуючих факторів;

- захист основних виробничих фондів від уражуючих факторів;

- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом;

- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

5.2.2. Заходи по підвищенню стійкості проти НС цукрових заводів

Підвищення стійкості роботи цукрових заводів може досягатися шляхом посилення його найбільш слабких (уразливих) елементів і ділянок. Для цього на кожному об'єкті завчасно на основі дослідження планується і проводиться великий обсяг робіт, що включає виконання організаційних і інженерно-технічних заходів. Особливо важливе значення має проведення інженерно-технічних заходів.

Досягнення сучасної науки і техніки, дозволяють здійснювати такі рішення, при яких підприємство буде стійким до впливу на нього навіть дуже значних надлишкових тисків. Однак це зв'язано з великими витратами засобів і матеріалів, що можуть бути виправдані тільки гострою необхідністю захисту унікальних, особливо важливих елементів об'єкта.

До вироблення заходів щодо підвищення стійкості треба підходити дуже обдуманно, всебічно оцінюючи їх технічну, господарську, і економічну доцільність. Заходи будуть економічно обґрунтовані в тому випадку, якщо вони максимально ув'язані з задачами, розв'язуваними в звичайних умовах з метою забезпечення безаварійної роботи об'єкта, поліпшення умов праці,

удосконалення виробничого процесу. Прикладами таких рішень можуть служити: використання сховок для народногосподарських цілей і обслуговування населення; будівництво підземних місткостей для паливних, отрутних і агресивних рідин і газів. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, тому що в процесі проектування в багатьох випадках можна домогтися логічного сполучення загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦЗ, що знизить витрати на їхню реалізацію. На існуючих об'єктах заходи щодо підвищення стійкості їхньої роботи доцільно проводити в процесі реконструкції чи виконання ремонтно-будівельних робіт.

Основні заходи в рішенні задач підвищення стійкості роботи промислових об'єктів:

- захист робітників та службовців від зброї масового ураження;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів об'єктів і удосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості керування об'єктом;
- розробка заходів щодо зменшення імовірності виникнення вторинних факторів поразки і збитку від них;
- підготовка до відновлення виробництва після поразки об'єкта.

Розробка і здійснення заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в більшості випадків проводиться в звичайних умовах. Та частина робіт, виконання яких проводиться в умовах НС, планується завчасно, а виконується при погрозі виникнення НС.

При рішенні задач підвищення стійкості роботи об'єкта особлива увага звертається на забезпечення укриття всіх працюючих людей у захисних спорудах. Для цього розробляється план нагромадження і будівництва необхідної кількості захисних споруджень, у яких передбачається укриття робітників та службовців. При організації робіт з будівництва швидкозведених

(мобільних) сховищ в умовах НС використовують наявні на об'єкті будівельні матеріали.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено заходи з модернізації вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА періодичної дії з метою покращення уварювання утфелю в цукровому виробництві. Для досягнення мети було проаналізовано сучасні конструкції випарних апаратів, сучасні методи інтенсифікації процесу уварювання утфелю, будову та особливості роботи вакуум-випарного апарату Ж4-ПВА.

Дослідження кінетики уварювання утфелю показало, що саме гідродинамічна обстановка здійснює суттєвий вплив на швидкість кристалізації цукру і на процес уварювання. Відсутність примусового перемішування утфелю у апараті Ж4-ПВА сповільнює процес тепломасообміну, а за певних обставин процес може зупинитися взагалі. Тому для покращення процесу уварювання було розроблено заходи з модернізації даного апарату шляхом встановлення перемішувального пристрою для створення сприятливої гідродинамічної обстановки та сприяння тепломасообміну. Під час розробки конструкції перемішувального пристрою було досліджено вплив різних конструктивних параметрів мішалки на гідродинаміку та тепловіддачу. У результаті було отримано співвідношення між конструктивними елементами мішалки та вакуум-випарного апарату для забезпечення сприятливої гідродинамічної обстановки та покращення тепловіддачі при уварюванні утфелю. Відповідно до отриманих в роботі результатів розроблено 3d-модель перемішувального пристрою ВВА засобами SolidWorks.

В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Впровадження розробки дозволить скоротити час процесу уварювання в середньому на 11%., а також значно з'економити пару і паливо та підвищити якість прдукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Азрилевич М.Я. Технологическое оборудование свеклосахарных заводов. М.: Агропромиздат, 1986. 323с.
2. Белик В.Г. Оборудование для сахарно-рафинадного производства. К.: Урожай, 1989. 197с.
3. Белик В.Г., Костаджи И.И. Справочник по моделированию и оптимизации теплообменного оборудования сахарной промышленности. М.: Агропромиздат, 1986. 271с.
4. Белостоцкий Л. Г. Интенсификация технологических процессов свеклосахарного производства. М.: Агропромиздат, 1989. 223с.
5. Бражников Н. Н. Совершенствование технологии получения утфеля первой кристаллизации: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн.: 05.18.05/ ГОУ ВПО «ВГТА». Воронеж, 2010. 24с.
6. Ильина В. В. Повышение эффективности технологии получения и центрифугирования утфеля I кристаллизации : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн.: 05.18.05/ МГУПП. М., 2005. 24с.
7. Инструкция-регламент по применению низкотемпературного режима уваривания свеклосахарных утфелей / Кот Ю.Д., Власенко А.В., Береговая З.И., Кравчук А.Ф. – К.: НПО «Сахар», 1985, 18с.
8. Интенсификация процесса уваривания утфелей / Горяжа В.Т., Кулинченко В.Р., Артюхов Ю.Г., Дидушко Б.Г. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 152с.
9. Камера паровая подвесная односкатная к вакуум-аппарату Ж4-ПВА. Поверхность нагрева камеры 200 м². Расчет. Смела, 1975. 14с.
10. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: химия, 1974. 752с.

11. Лебедева Н. Н. Разработка эффективной технологии уваривания утфеля первой кристаллизации: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн.: 05.18.05/ МГУТУ имени К.Г. Разумовского. М., 2013. 26с.
12. Мойсяк М. Б. Интенсификация процессов получения и центрифугирования утфеля последней кристаллизации с применением поверхностно-активных веществ: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн.: 05.18.05/ МГУПП. М., 2006. 24с.
13. Мохова Т. Б. Повышение эффективности технологии уваривания утфеля первой кристаллизации: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн.: 05.18.05/ МГУПП. М., 2008. 22с.
14. Nagata S., Yamamoto K., Ujihara M. Chem. Fac. Eng. Kyoto Univ., 20, 336 (1958)
15. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого Вінниця: Нова книга, 2001. 576с.
16. Общетехнический справочник. /Под ред. Е.А. Скороходова. М.: Машиностроение, 1990. 496с.
17. Паспорт и инструкция по эксплуатации вакуум-аппарата Ж4-ПВА.000 1972.
18. Рамутите Р.А. Влияние конструкции вакуум-апарата на процес кристаллизации при уваривании сахарных утфелей: Автореферат канд. дис. Киев, 1984. 21с.
19. РТМ 42-62. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность узлов и деталей. М.: Стандартгиз, 1964
20. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. М.: Агропромиздат, 1986. 431с.
21. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник для втузов по специальности «Машины и аппараты пищевых производств». М.: Машиностроение, 1983. 447с.
22. Cooper R.G., Wolf D. Can. J. Chem. Eng., 46. 94 (1968).

23. Спинул Н.М., Либерман И.Г. Математическое моделирование на ЭВМ тепловых комплексов свеклосахарного производства. М.: Пищевая промышленность, 1975. 126с.
24. Справочник по объектам котлонадзора. М., 1974
25. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. Польша, 1971. Пер. с польск. под. ред. Щупляка И.А. Л., Химия, 1975.
26. Харламов С. В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. Л.: Агропромиздат, 1991. 256с.
27. Чернобильський Й. І. Випарні установки. К.: Вища школа, 1970. 244с.

