

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 ПАРОВОЇ КАМЕРИ ВИПАРНОГО
АППАРАТУ А2-ПВВ 1800

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

Фриз Я. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Деркач А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворощук В.Я

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

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)

«_____»

2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(Назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Фризу Ярославу Володимировичу

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

1. Тема роботи

Модернізація парової камери випарного апарату А2-ПВВ 1800.

Керівник роботи

Деркач Андрій Васильович, к.т.н., ст. викл. каф. ОХ

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

Затверджені наказом по університету від 16.11.2023 року № 4/7-1062

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Паспорт випарного апарату А2-ПВВ 1800

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасного технологічного обладнання для проведення процесів випарювання, вибір і обґрунтування напрямків дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції випарного апарату. 4. Дослідження впливу технологічних параметрів та конструктивних особливостей випарного апарату на уварювання соку. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) Випарний апарат А2-ПВВ 1800. Видгляд загальний 1Ф.А0. Камера парова випарного апарату А2-ПВВ 1800. Складальне креслення. 1Ф.А1. Сепаратор випарного апарату А2-ПВВ 1800. Складальне креслення. 1Ф.А1. Плакати (слайди): Дослідження впливу конструктивних параметрів мішалки на гідродинаміку перемішування бурякового соку. 3Ф.А1. 3D модель перемішувального пристрою модернізованого випарного апарату 1Ф.А1.

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, Стручок В.С., стар. викл. каф. ОХ		
Нормоконтроль	Ворошук В.А, доц. каф.ОХ		

7. Дата видачі завдання 16.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	<i>Вступ.</i>	20.11.2023	
1.	<i>Аналіз сучасного технологічного обладнання для проведення процесів випарювання, вибір і обґрунтування напрямків дослідження</i>	25.11.2023	
2.	<i>Методи та методика досліджень.</i>	25.11.2023	
3.	<i>Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції випарного апарату</i>	30.11.2023	
4.	<i>Дослідження впливу технологічних параметрів та конструктивних особливостей випарного апарату на уварювання соку</i>	04.12.2023	
5.	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.</i>	10.12.2023	
	<i>Висновки. Перелік посилань</i>	15.12.2023	
	Графічна частина		
1.	<i>Випарний апарат А2-ПВВ 1800. Вигляд загальний 1Ф.А0.</i>	03.12.2023	
2.	<i>Камера парова випарного апарату А2-ПВВ 1800. Складальне креслення. 1Ф.А1.</i>	10.12.2023	
3.	<i>Сепаратор випарного апарату А2-ПВВ 1800. Складальне креслення. 1Ф.А1.</i>	12.12.2023	
4.	<i>Плакати (слайди) 4Ф.А1: Дослідження впливу конструктивних параметрів мішалки на гідродинаміку перемішування бурякового соку. 3D модель перемішувального пристрою модернізованого випарного апарату</i>	15.12.2023	

Студент

(підпис)

Фриз Я. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Деркач А.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Фриз Я.В. Модернізація парової камери випарного апарату А2-ПВВ 1800. 133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2023

В кваліфікаційній роботі проведено теоретичне дослідження процесу уварювання бурякового соку. Вивчено вплив конструктивних параметрів випарного апарату А2-ПВВ 1800 на процес уварювання бурякового соку та запропоновано заходи з модернізації.

Ключові слова: процес уварювання, виробництво цукру, перемішування

ABSTRACT

Fryz Ya. V. N. Modernization of the steam chamber in the evaporator unit, model A2-PVV 1800. . 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University. - Ternopil, 2023.

Theoretical study of the process of beetroot juice boiling is carried out. The influence of structural features of the evaporator unit model A2-PVV 1800 on the process of the beetroot juice boiling is studied. Modernization measures for the evaporator unit model A2-PVV 1800 are suggested.

Keywords: the boiling process, sugar production, mixing.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИПАРЮВАННЯ, ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1. Особливості конструкцій сучасного випарного обладнання	9
1.2. Будова і принцип роботи випарного апарата	16
1.3. Мета і задачі магістерської роботи	18
2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
2.1. Обґрунтування вибору методів і засобів досліджень.....	19
2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання	20
3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ ВИПАРНОГО АПАРАТУ	21
3.1 Розрахунок кінематичної схеми перемішувального пристрою модернізованого випарного апарату	21
3.2. Аналіз структури модернізованого випарного апарату	22
3.3. Конструювання і розрахунок окремих вузлів і елементів випарного апарату.....	24
3.3.1. Розрахунок поверхні нагріву парової камери випарного апарату	24
3.3.2. Розрахунок на міцність елементів парової камери.....	27
3.3.3. Розрахунок товщини трубної решітки парової камери.....	31
3.3.4. Розрахунок елементів корпусу випарного апарата.....	33
3.3.5. Вибір і розрахунок опор випарного апарата	36
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПАРНОГО АПАРАТУ НА УВАРЮВАННЯ СОКУ	38

4.1. Уварювання соку І кристалізації з концентрованих сиропів	38
4.2. Уварювання соків при пониженому температурному режимі	39
4.3. Дослідження впливу конструктивних параметрів мішалки на гідродинаміку перемішування соку	43
4.3.1. Теоретичне дослідження гідродинаміки перемішування соку турбінною мішалкою відкритого типу	43
4.3.2. Дослідження впливу кута нахилу лопаток турбінної мішалки на її насосний ефект при перемішуванні соку	49
4.3.3. Дослідження впливу кута нахилу лопаток турбінної мішалки на потужність необхідну для перемішування соку	52
4.3.4. Аналіз отриманих результатів	54
4.4. 3D модель перемішувального пристрою випарного апарату	55
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
5.1. Охорона праці	56
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	65
Режими протихімічного захисту:	65
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	70
ДОДАТКИ	
СПЕЦИФІКАЦІЇ	

ВСТУП

Випарювання це концентрація розчинів практично нелетких або малолетких речовин в рідких летючих розчинниках [2, 12].

Випарюванням згущують розчини твердих речовин, а також іноді застосовують для виділення розчинника в чистому вигляді, наприклад у процесах опріснення води. Отримання у результаті випарювання висококонцентрованих розчинів, а за необхідності практично сухих і кристалічних продуктів є значною перевагою цього методу. Процеси випарювання можна проводити під вакуумом, при підвищеному і атмосферному тисках, що значно розширює діапазон оброблюваних продуктів. Проте уварювання також характеризується великим енергоспоживанням, та можливістю пригорання продукту при виникненні застійних зон. Тому дослідження процесів випарювання та удосконалення обладнання для їх організації є актуальним завданням.

Мета роботи: провести дослідження процесу уварювання соку цукрового буряка у випарному апараті та розробити заходи для його покращення.

Об'єкт дослідження: процес уварювання соку цукрового буряка.

Предмет дослідження: конструкція випарного апарата А2-ПВВ 1800.

Методи дослідження: використано традиційні методи досліджень, такі як аналіз, синтез, аналогія, ідеалізація, порівняння у поєднанні математичним моделюванням.

Наукова новизна: встановлено, що від конструктивного оформлення уварювання соку цукрового буряка значно залежить якість отриманого продукту, ефективність процесу, а також якість обробки на подальших стадіях технологічного процесу.

Практична цінність: отримані результати по інтенсифікації процесу уварювання можна використати при аналізі роботи і інших конструкції

випарного обладнання. Запропонована модернізація дозволить покращити циркуляцію продукту у апараті, зменшить можливість виникнення застійних зон, підвищить якість продукції.

Апробація результатів. Основні положення магістерської роботи доповідались на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів « Актуальні задачі сучасних технологій», (Тернопіль 6-7 грудня 2023 року).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Роботу викладено на ___ сторінках друкованого тексту, вона містить ___ рисунків, ___сторінок додатків.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИПАРЮВАННЯ, ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Особливості конструкцій сучасного випарного обладнання

Випарювання проводять у апаратах різних конструкцій і модифікацій, в одиночних випарних апаратах (однокорпусних випарних установках) та багатокорпусних випарних установках, що складаються з декількох випарних апаратів.

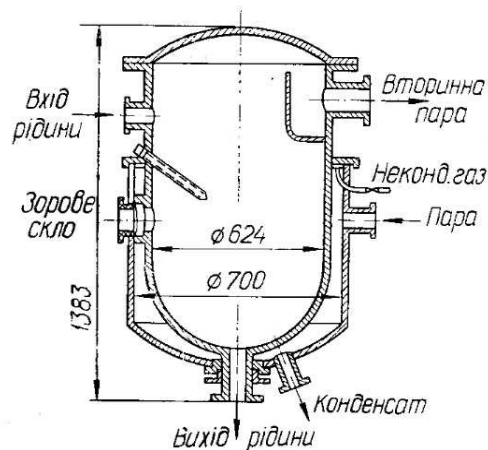


Рисунок 1.1. – Схема випарного апарату з паровою оболонкою

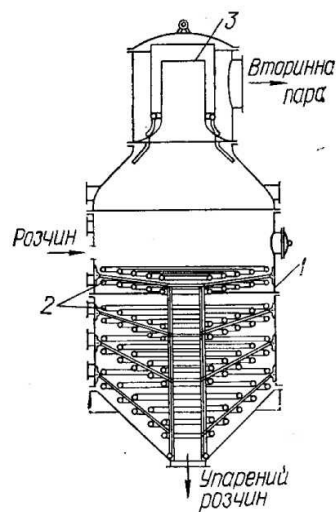


Рисунок 1.2.–Схема випарного апарату змієвикового типу:

1—корпус; 2—змійовик; —сепаратор

Апарати з горизонтальними трубками, Трубки у нього розміщені горизонтально і мають U- подібну форму, апарат зручніший у ремонті ніж інші аналоги.

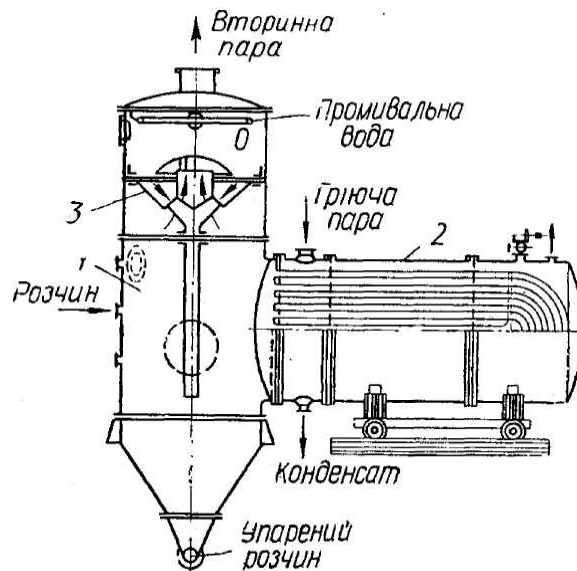


Рисунок 1.3 Випарний апарат з горизонтальною виносною нагрівальною камерою: 1 - корпус; 2 - нагрівна камера; 3 - бризковловлювач

Вертикальні випарні апарати (рис. 1.4).

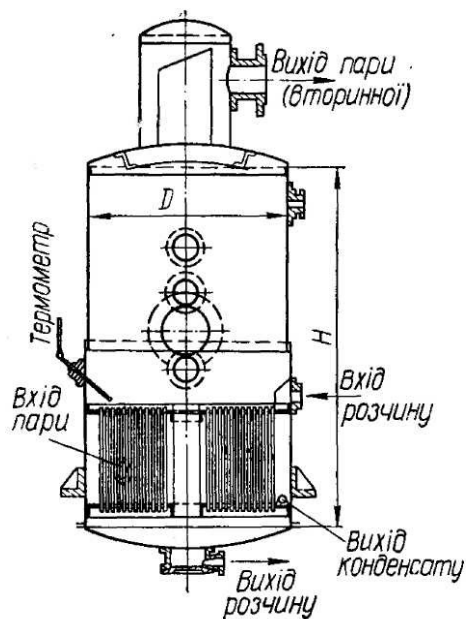


Рисунок 1.4. - Вертикальний випарний апарат

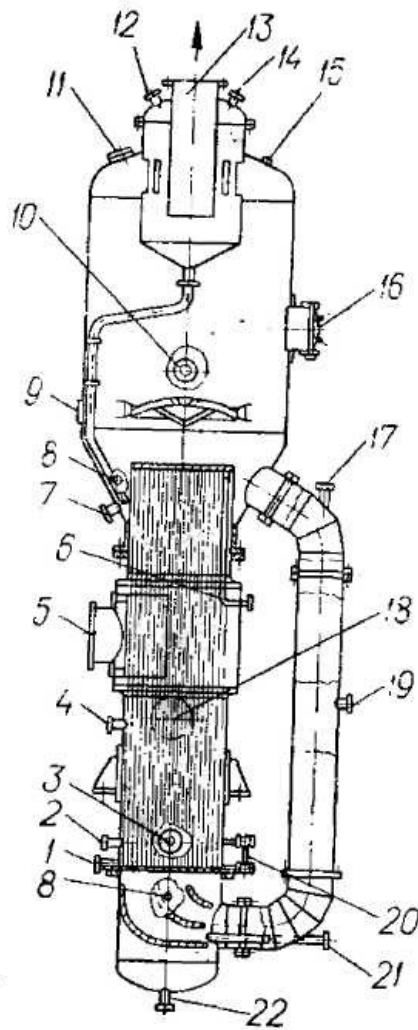


Рисунок 1.5. - Вертикальний випарний апарат із зовнішньою циркуляційною трубою: 1 - вихід конденсату; 2 і 6 - відведення газів, що не конденсуються; 3, 9, 10, 11 - оглядові вікна; 4 - надходження води для промивання і опресування міжтрубного простору; 5 - вхід гріючої пари; 7 - вихід розчину; 8 - отвір 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

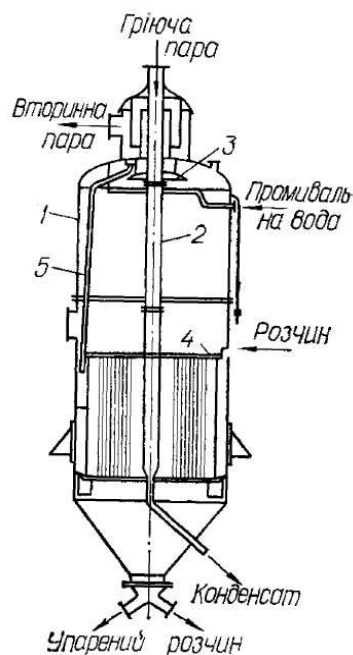


Рисунок 1.6 . Випарний апарат із підвісною камерою: 1 - корпус; 2 - труба для подавання пари; 3 - відбійний щиток; 4 - парова камера; 5 - труба для повернення виносу з сепаратора

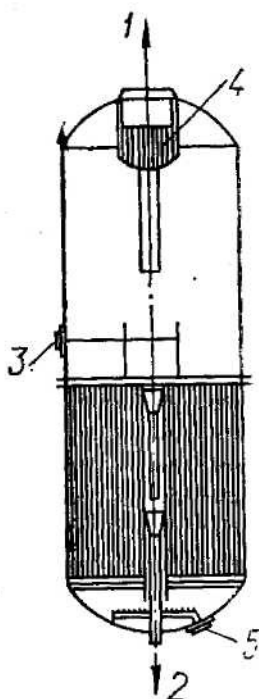


Рисунок 1.7.-Вертикальний випарний апарат без змішування розчину, який надходить і який виходить: 1 - відведення вторинної пари; 2- відведення упареного розчину; 3 - відведення газів, що не конденсуються; 4 - сепаратор; 5 - надходження слабкого розчину

До конструкцій, нормалізованих відносять випарний апарат з виносною поверхнею нагрівання (рис. 1.8), який доцільно застосовувати для розчинів, що піняться, бо в цьому разі не виноситимуться краплинки рідини і піна з вторинною парою.

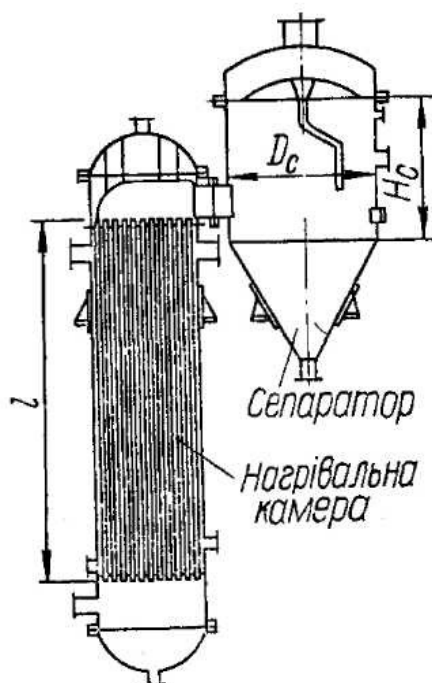


Рисунок 1.8. - Випарний апарат з виносною поверхнею нагрівання

Виносна парова камера полегшує очищення і ремонт апарата завдяки вільному доступу до трубок. Ця конструкція допускає і секціонування апарата за допомогою приєднання кількох трубчаток до одного сепаратора. Наявність кількох секцій дає змогу виключати одну з них для ремонту і очищення при безперебійній роботі апарата в цілому.

У деяких випадках застосовують апарати з примусовою циркуляцією (рис. 1.9).

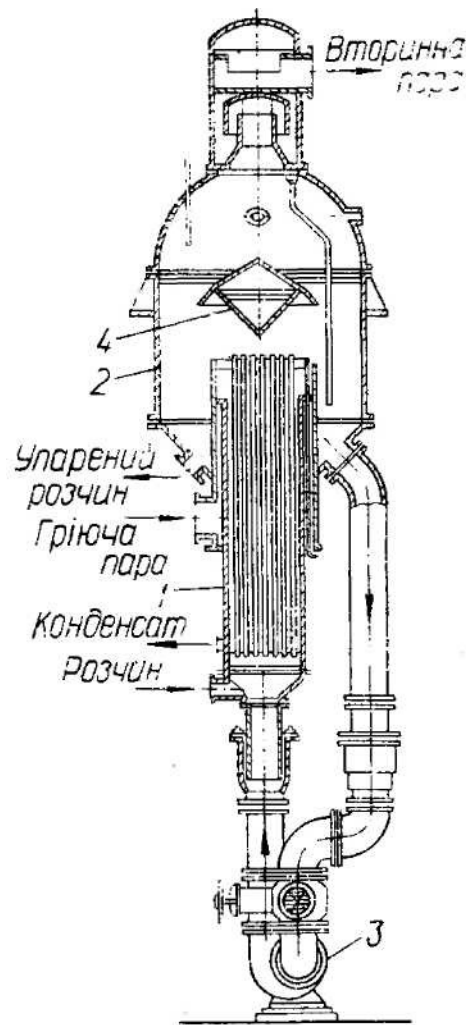


Рисунок 1.9. - Випарний апарат з примусовою циркуляцією розчину: 1 - парова камера; 2 - паровий простір; 3 - циркуляційний насос; 4 – сепаратор

Апарат з посиленою природною циркуляцією для випарювання розчинів, що кристалізуються (рис. 1.13) складається з корпусу 1і трубних граток 2, в яких розвальцьовані гріючі трубки 4. Над ними встановлено стабілізатор 3, що утворює вертикальні канали; зовні апарата розміщена циркуляційна труба 5, унизу - камера бдля осаджування кристалів. У гріючих трубках розчин тільки підігрівається, а закипає він у каналах, утворених вертикальними перегородками. Оскільки розміри каналів невеликі, відносна швидкість парових бульбашок, величина яких обмежена розмірами каналів, мала, то висота киплячого шару буде значною. Залежно від розмірів каналів повинна змінюватись висота перегородок. Із збільшенням висоти

перегородок зростає висота киплячого шару і тому збільшується рушійний напір, який зумовлює циркуляцію, збільшується швидкість циркуляції в гріючих трубках і поліпшується робота апарата. Установлення перегородок у зоні кипіння дає змогу впорядкувати потік скипаючої рідини, запобігти утворенню шкідливих зворотних циркуляційних потоків у зоні скипаючого шару, а також пульсації.

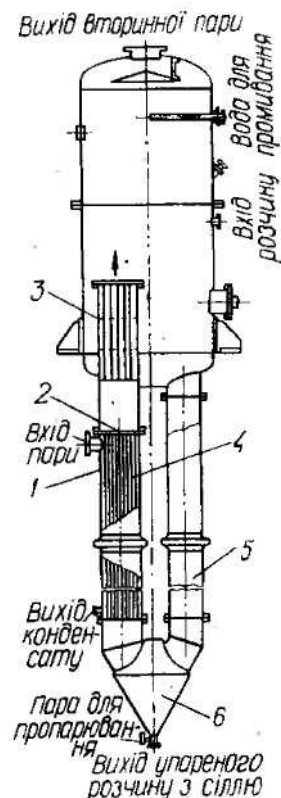


Рисунок 1.10.- Випарний апарат з посиленою природною циркуляцією

Підсумовуючи переваги і недоліки різних конструкцій випарних апаратів можемо сказати, що основними вимогами до їх конструкцій, які є:

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

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

задоволення технологічних вимог, виготовлення продукту або напівпродукту належної якості і потрібної концентрації, стійкість у роботі при неминучих невеликих коливаннях у відборі екстрапарі, зручність обслуговування, очищення, регулювання і контролю роботи.

Задовольнити всі ці вимоги максимально практично неможливо, але це все враховується присатворенні нових конструкцій та модернізацій існуючих

1.2. Будова і принцип роботи випарного апарата

Випарний апарат являє собою вертикальний сталевий циліндричний резервуар. Верхнє та нижнє днище апарата еліптичне.

Верхнє днище невідємне, приварене до корпусу апарата, по центру має фланець, до якого кріпиться механізм мішалки з приводом.

Днище обернене випуклістю всередину з метою зменшення об'єму підтрубного простору.

Роз'ємів по висоті апарат не має. Нижня частина апарата обмежена плоскими трубними решітками (верхньою та нижньою) з завальцьованими в них трубками поверхні нагріву, утворює парову камеру. Пара в парову камеру підводиться декількома штуцерами. Парова камера апарата з поверхнею нагріву має 2 штуцери, розміщені в один ряд по висоті камери.

Неконденсовані гази відводяться з-під верхньої трубної решітки, через спеціальні трубопроводи – аміачні відтяжки.

Відвід конденсату здійснюється на рівні нижньої трубної решітки, через штуцери відводу конденсату. Поряд з штуцерами розміщений показчик рівня конденсату (водомірне скло).

Апарат має центральну циркуляційну трубу. Циркуляційна труба з'єднує над трубний (соковий) простір з під трубним, утвореним нижньою трубною решіткою і днищем апарата.

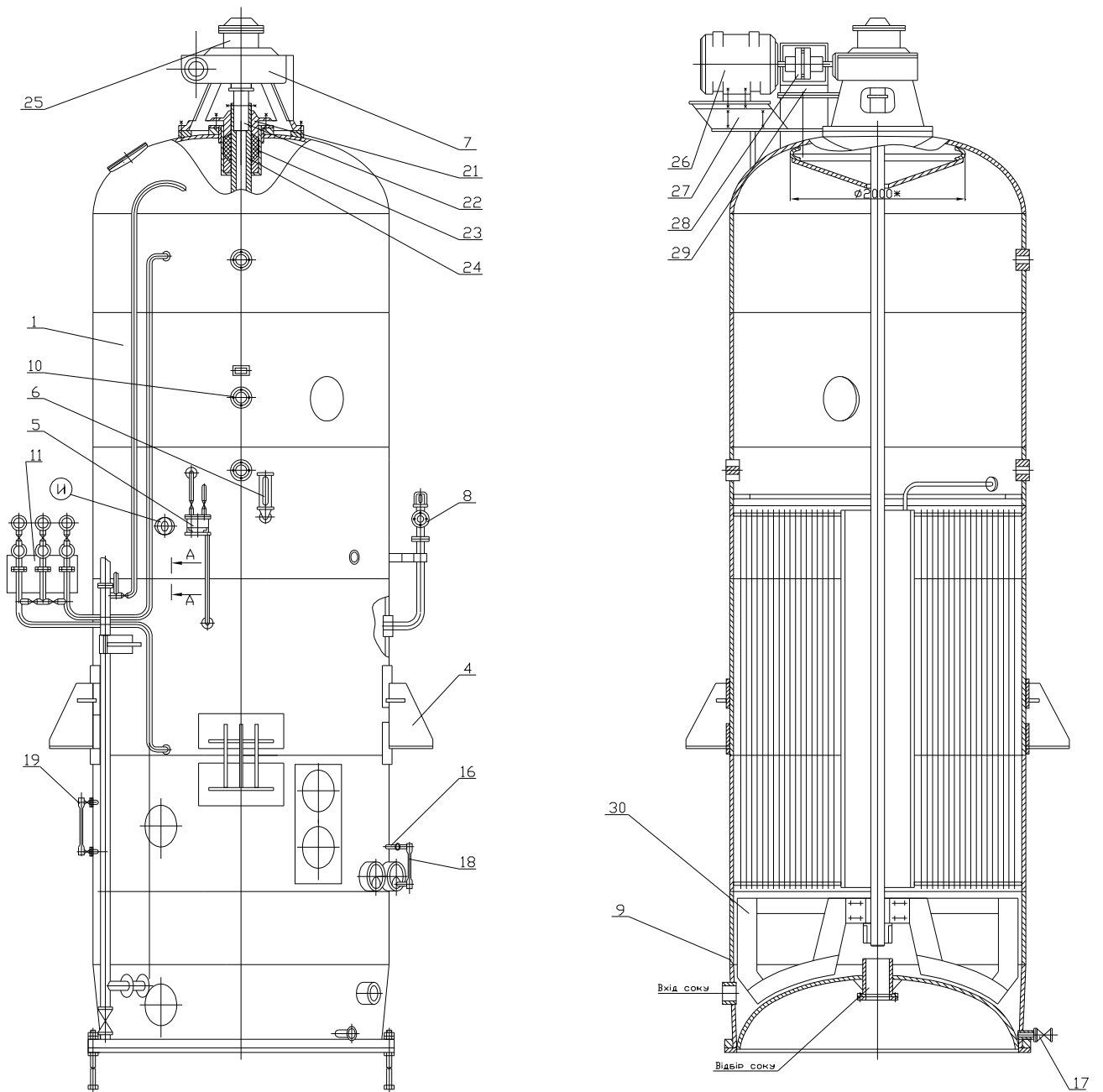


Рисунок 1.11- Будова випарного апарата площею нагріву: 1 – верхня частина корпусу; 2, 3 – камери парові; 4 – лапа опорна; 5 – маслянка; 6 – термометр; 7 – редуктор; 8 – клапан запобіжний; 9 – днище; 10 – вікно оглядове; 11 – щиток з манометрами; 12 – лаз; 16 – запірний пристрій; 17 – вентиль; 18, 19 – трубки; 20 – мішалка; 21 – фланець; 22 – стакан; 23 – ущільнення; 24 – вал; 25 – кришка; 26 – електродвигун; 27 – рама; 28 – муфта; 29 – щиток муфти; 30 - мішалка

Сік в апарат поступає під нижню трубну решітку. Штуцерів входу соку три: один для ручного регулювання рівня соку в апараті, два – для автоматичного регулювання рівня соку. З зовнішньої сторони парової камери приварюються чотири лапи для встановлення апарата по висоті.

Робота апарата здійснюється згідно принципової схеми (рис.1.11).

1.3. Мета і задачі магістерської роботи

Метою роботи було дослідження впливу перемішувального пристрою, встановленого у паровій камері на процес уварювання соку цукрового буряка, розробка його конструкції на основі узагальнення результатів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

розроблення і розрахунок кінематичної схеми модернізованого апарата;

проведення необхідні конструктивні розрахунки елементів обладнання: поверхні нагріву парової камери, товщини трубної решітки, елементів корпусу випарного апарату, опор апарата, провести розрахунки на міцність міцність.

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування вибору методів і засобів досліджень

Для проведення досліджень в кваліфікаційній роботі використано методи аналізу, синтезу, математичного моделювання, аналогії, ідеалізації, порівняння.

Метод аналізу використовувався при розгляді особливостей технології виробництва, будови та принципу роботи технологічного обладнання. Він передбачав детальний розгляд окремих елементів дослідження.

Метод синтезу в основному використовувався при узагальненні та поєднанні отриманих результатів, формулюванні висновків, рекомендацій з модернізації.

При розгляді процесу переробки продукту неможливо одночасно оцінити і врахувати всі фактори, які впливають на процес. Тут приходиться на допомогу метод ідеалізації для спрощення проведення досліджень, коли впливом деяких параметрів нехтуємо через їх незначний вплив, а деякі параметри вважаємо «ідеальними», тобто такими, що відповідають загально відомим принципам, формулюванням, залежностям.

Метод аналогії використовувався для перенесення і використання аналогічних результатів, формулювання рекомендацій по роботі.

Метод порівняння використовувався для встановлення мінімальних, максимальних, оптимальних даних, адекватності результатів дослідження.

2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання

Методи математичного моделювання суттєво спрощують проведення досліджень, оскільки дозволяють вивчити значно більше параметрів і варіацій їх параметрів, а також зручно і наглядно представити отримані результати, тому широко використовувались у даній роботі

. Розрахунки і обробка результатів виконані переважно за допомогою програмних продуктів «MS Excel», «*Mathcad*», які дозволяють ефективно обробляти дослідні дані і проводити інженерні розрахунки, віалізувати результати.

Креслення і рисунки виконані за допомогою AutoCAD, зображення оброблені в AdobeReader.

3D-модель мішалки витіснювального барабану виконано за допомогою програми «SolidWorks».

Така обробка і представлення результатів дозволяють ефективно проводити дослідження, підвищують їх точність, допомагають уникати похибок, гарно віалізувати результати.

3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ ВИПАРНОГО АПАРАТУ

3.1 Розрахунок кінематичної схеми перемішувального пристрою модернізованого випарного апарату

Випарний апарат має перемішувальний пристрій встановлений знизу парової камери і його недостатньо для інтенсифікації процесу. . Вибираємо 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.

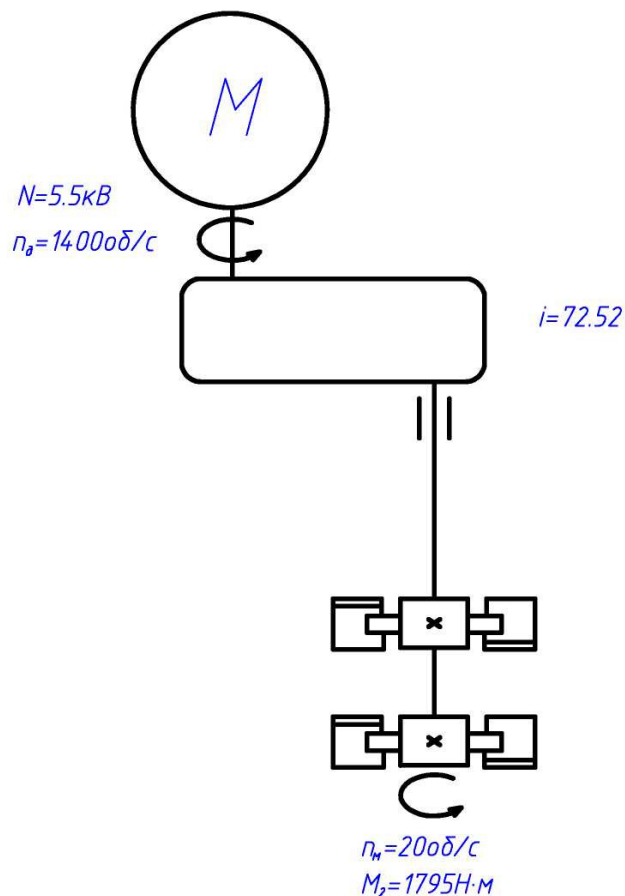


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема

Швидкість обертання мішалки

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

Передаточне число редуктора буде:

у першому випадку:

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

у другому випадку:

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

За табличними даними параметрів мотор-редукторів (http://www.siti.com.ua/motor_reducer_7/mpl_160_3.html) вибираємо мотор-редуктор з паралельними осями серії MPL 160/3 з такими параметрами:

кількість обертів на валі двигуна $n_d = 1400$ 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.

3.2. Аналіз структури модернізованого випарного апарату

Модернізований випарний апарат призначений для уварювання соків масою 40 т за одну варку в цукрорафінадному та цукропісочному виробництві.

Конструкція апарата являє собою вертикальну циліндричну ємність, ретельно герметизовану.

Безфланцеве виконання корпусу забезпечує надійну підтримку в апараті необхідного вакууму при роботі. Верхнє днище складається з високого подвійного конуса, всередині якого розміщений повітряний штуцер для під'єднання апарата до вакуумної лінії.

Корпус і розміщена в ньому парова решітка є циліндричними.

Днище вакуум апарату є конічної форми і закінчується горловиною для спуска соку, до якої підвішений спускний клапан з гідравлічним керуванням.

Конструкція апарату є нерухомою, продукт подається всередину насосом. Обробка продукту в апараті відбувається за рахунок підвищеної температури і вакууму в соковому просторі парової камери. Нагрівання здійснюється шляхом подачі перегрітої пари під тиском у паровий простір парової камери та теплопередачі через поверхню нагріву парової камери.

Основною вимогою при конструюванні випарного апарату є забезпечення міцності і жорсткості елементів його конструкції.

При досягненні соком необхідної концентрації спрацьовує спускний клапан апарата. 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.

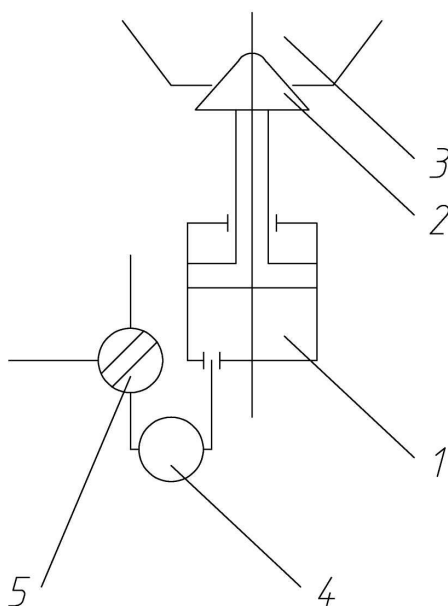


Рисунок 3.2 – Структурна схема спускного клапана випарного апарата: 1 – гідроциліндр; 2 – конус клапана; 3 – днище апарата; 4 – манометр; 5 – кран керування

3.3. Конструювання і розрахунок окремих вузлів і елементів випарного апарату

3.3.1. Розрахунок поверхні нагріву парової камери випарного апарату

Розрахунок площі поверхні нагріву підвісної одношарової парової камери місткістю 40 т соку здійснюємо по середньому діаметру кип'ятильних труб діаметром 102x3.5мм.

Середній діаметр дорівнює:

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

Площу поверхні нагріву парової камери

$$F_k = F_{тр} + F_{ц} + F_{об} + F_{тр.р},$$

де $F_{тр}$ – поверхня нагріву кип'ятильних труб, м^2 ;

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

$F_{ц}$ – поверхня нагріву циркуляційної труби, м^2 ;

$F_{тр.р}$ – поверхня нагріву верхньої і нижньої трубних решіток, м^2 .

Визначасмо поверхню нагріву кип'ятильних труб (м^2):

$$F_{тр} = \pi \cdot d_{cp} \cdot l \cdot n,$$

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

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

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

Тоді :

$$F_{mp} = 3.14 \cdot 0.0985 \cdot 1.203 \cdot 514 = 191.247 \text{ м}^2 .$$

Визначаємо площу поверхні нагріву циркуляційної труби парової камери (м²):

$$F_{ц} = \pi \cdot D_m \cdot l .$$

де D_m – середній діаметр циркуляційної труби

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

l – активна довжина циркуляційної труби: $l = 1.203 \text{ м};$

Тоді:

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

Визначаємо поверхню нагріву обечайки корпусу парової камери (м²):

$$F_{об} = \pi \cdot D_k \cdot l$$

де D_k – діаметр внутрішній наружної обечайки камери:

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

l – висота обечайки: $l = 1.203 \text{ м};$

Тоді:

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

Визначаємо поверхню нагріву верхньої і нижньої трубних решіток парової камери (м²):

$$F_{mp.p} = 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_k^2}{4} - \frac{\pi \cdot D_k^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{cp}^2}{4} \cdot n \right),$$

де d – діаметр кип’ятильних труб, $d = 102\text{мм} = 0.102\text{м}$.

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

Отже загальна площа поверхні нагріву парової камери (номінальна) буде:

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

3.3.2. Розрахунок на міцність елементів парової камери

Товщину стінки обечайки парової камери визначаємо за формулою:

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

де P_p – розрахунковий тиск :

$$P_p = 3.95 \text{ кгс/см}^2 ;$$

D – зовнішній діаметр обечайки парової камери:

$$D = 343.4 \text{ см};$$

φ – коефіцієнт міцності зварного шва:

$$\varphi = 1.0$$

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

де η – поправочний коефіцієнт, який враховує умови експлуатації випарного апарата

$$\eta = 1.0;$$

$$\sigma = 1310 \text{ кгс/см}^2 ;$$

C – прибавка до розрахункової товщини стінки, см:

$$C = 0.1 \text{ см} ;$$

C_1 – прибавка додаткова, см:

$$C_1 = 0.08 \text{ см}.$$

Розрахункова товщина стінки обечайки парової камери буде:

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

Приймаємо конструктивно товщину стінки зовнішньої обечайки парової камери:

$$S_k = 8 \text{ мм.}$$

Проводимо перевірочний розрахунок обечайки парової камери при випробувальному тиску [13]. Необхідно, щоб напруження не перевищувало границі текучості вуглецевої сталі.

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

Звідки

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

де $P_{\text{вип}}$ – випробувальний тиск : $P_{\text{вип}} = 6.5 \text{ кгс/см}^2$..

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

Що менше допустимого 1490 кгс/см^2 ..

Визначаємо номінальне допустиме напруження за границею текучості [10].

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

де σ_m – мінімальне значення межі текучості при температурі випробування $+20^\circ\text{C}$,

$$\sigma_m = 2090 \text{ кгс/см}^2$$

$n_t = 1.5$ – запас міцності по границі текучості [10, с.6] .

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

що менше допустимого 1490 кгс/см^2

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

$$S_{\psi} = 0.47 \cdot \frac{D_m}{1000} \cdot \left(\frac{P_p}{10^{-6} E^t} \cdot \frac{l}{D_m} \right)^{0.4} + C + C_1$$

де D_m – внутрішній діаметр циркуляційної труби:

$$D_m = 80.8 \text{ см};$$

P_p – розрахунковий тиск в камері,

l – розрахункова довжина обечайки:

$$l = 122.7 \text{ см}.$$

E^t – модуль поздовжньої пружності при розрахунковій температурі

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

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

Товщину обечайки циркуляційної труби парової камери
приймаємо

$$S_y = 0.8$$

3.3.3. Розрахунок товщини трубної решітки парової камери

Товщину стінки трубної решітки парової камери розраховуємо як плосу стінку підсилену рівномірно розміщеними анкерними трубами за формулою [12]:

$$S_{\text{ц}} = \kappa I \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{роз}} \cdot (a^2 + b^2)}{100 \cdot \sigma_{\text{дон}}}}$$

де κI – коефіцієнт, що приймається для труб, які приварені з одного боку:

$$\kappa I = 0.42$$

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

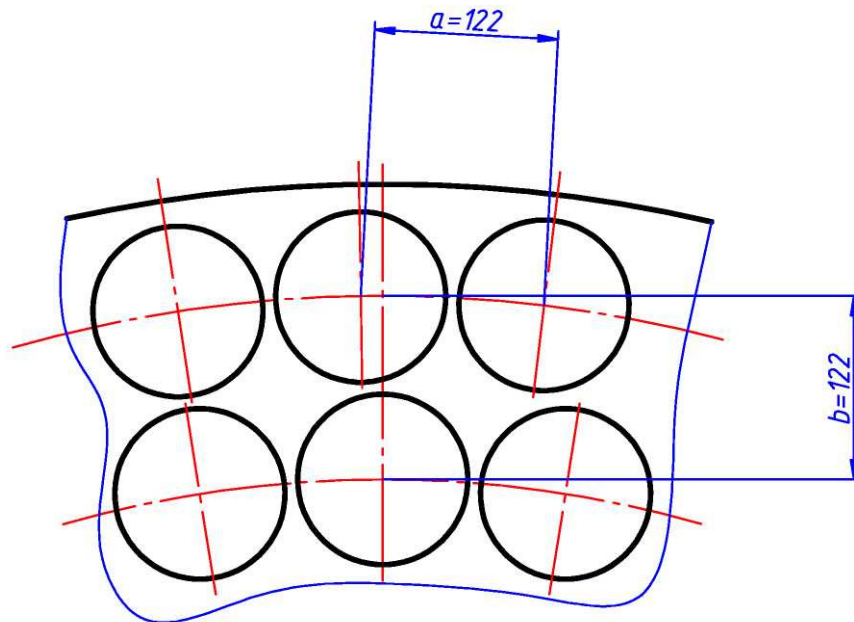


Рисунок 3.3 – Елемент трубної решітки

Приймаємо конструктивно

$$a = b = 122\text{мм} = 12.2 \text{ см.}$$

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження

$$\sigma_{\text{доп}} = \eta \cdot \sigma_{\text{доп}}^*$$

η - поправочний коефіцієнт, який встановлюється в залежності від виду зварного шва.

Для зварного шва і плоскої стінки [12]:

$$\eta = 0.6$$

$\sigma_{\text{доп}}^*$ - нормативне допустиме напруження

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

Тоді допустиме напруження буде:

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

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

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

Тоді товщина трубної решітки 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 трубної решітки парової камери випарного апарата поверхнею нагріву 200 м^2 рівною 10 мм з умови жорсткості, враховуючи великий діаметр отворів під кип'ятильні труби.

3.3.4. Розрахунок елементів корпусу випарного апарата

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

Вихідні дані:

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

$a1 = 1700$ мм - відстань від осі кожуха до осі найбільш віддаленої кип'ятильної труби;

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

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

$sT = 3.5$ мм – товщина стінок труб

$n = 514$ – число кип'ятильних труб;

$G = 17825$ кг – маса апарата;

$N = 10000$ – кількість тепломін, 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;

$\Delta t = 25^\circ\text{C}$ – 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];

$DE = 490$ 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].

$$\sigma_1 = 2.04 \cdot \frac{p \cdot r}{S} = 2.04 \cdot \frac{0.294 \cdot 1.9}{0.008} = 142.443 \text{ МПа}$$

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

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 [12];

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

Приймаємо товщину кришки 10 мм.

Товщину стінки кінцевого днища визначаємо за формулою [12]:

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

3.3.5. Вибір і розрахунок опор випарного апарата

Розраховуємо опори (лапи) випарного апарата [12] .

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:

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

Па

де $k_1 = 1.6$ – коефіцієнт, що залежить від параметрів γ та s/D [12].

Тоді:

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

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

Максимальне напруження при згині опори визначаємо за формулою [12,]:

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

де $k_2 = 0.67$ – коефіцієнт, що залежить від параметрів γ та h/D [12].

Перевіримо умову міцності [12]:

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

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПАРНОГО АПАРАТУ НА УВАРЮВАННЯ СОКУ

Процес тепломасопередачі при уварюванні і кристалізації сокей 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.

4.1. Уварювання соку і кристалізації з концентрованих сиропів

Майже на всіх бурякоцукрових заводах при уварюванні соку і кристалізації у апаратах періодичної дії в початковій стадії у апарат вводять велику кількість води або соку для зниження пересичення уварюваного сиропу. Це пояснюється тим, що в цей період через велику питому поверхню нагріву швидкість випаровування значно випереджає масову швидкість кристалізації. Цей прийом приводить до значного збільшення витрати пари на уварювання, що є однією з причин збільшеної витрати палива. Другою причиною великої витрати палива є низька концентрація сиропу (48—56%), що поступає на уварювання соку і продукту.

Зміна температури кипіння соку T_k протягом всього процесу уварювання за запропонованим способом представлена на рис. 4.1.

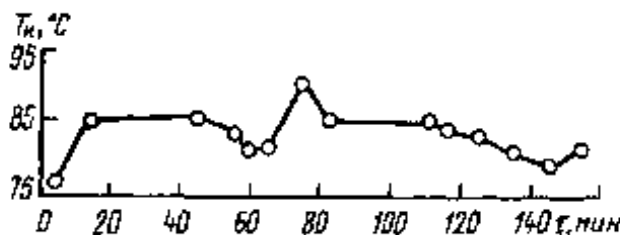


Рисунок 4.1. - Зміна температури кипіння соку в процесі уварювання

4.2. Уварювання соків при пониженому температурному режимі

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 доброякості розчину зміщується в область більш низьких температур і при доброякості 60 % потрапляє в область температури близько 40 °С (рис. 4.2.).

Отримана закономірність може бути пояснена збільшенням коефіцієнтів насичення бурякоцукрових розчинів в міру зниження доброякості 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.

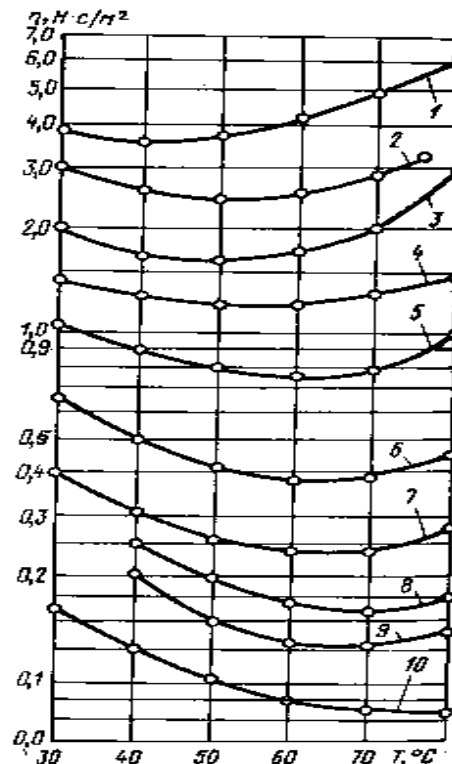


Рисунок 4.2. – В'язкість насичених бурякоцукрових розчинів залежно від температури і доброякості (в %): 1 — 60; 2 — 63; 3 — 65; 4 — 68; 5 — 70; 6 — 75; 7 — 80; 8 — 85; 9 — 90; 10 — 100

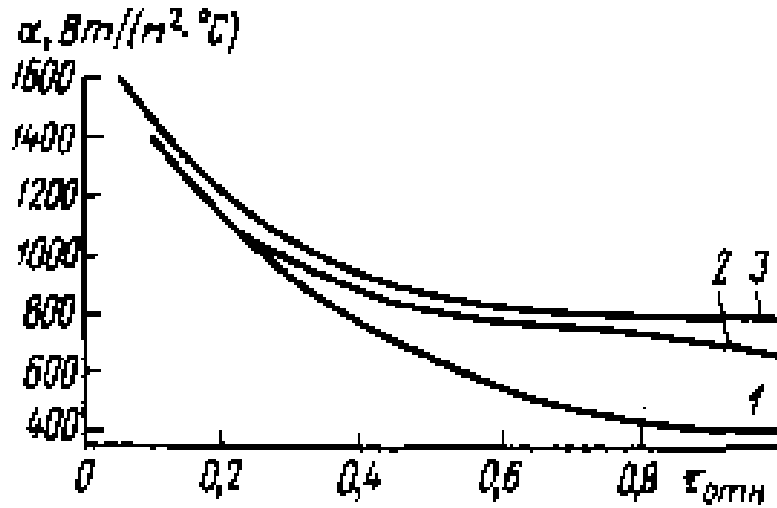


Рисунок 4.3. - Зміна коефіцієнта теплопередачі в процесі уварювання союя на вертикальному у апараті без перемішування (1) і з перемішуванням (2 — 1080 об/с, 3 — 2880 об/с)

Швидкість циркуляції уварюваної маси показана на рис.4.5.

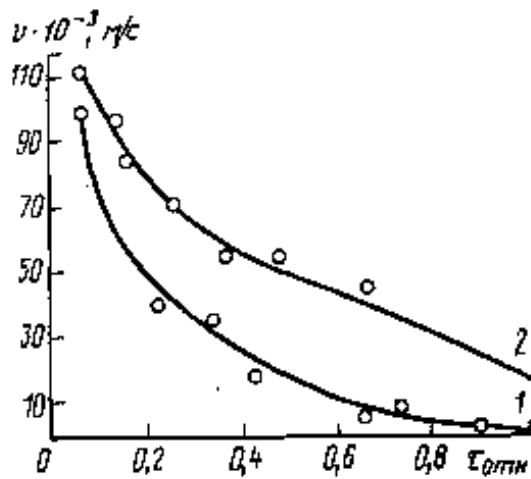


Рисунок 4.4. - Зміна швидкості циркуляції сою при уварюванні без перемішування (1) і з перемішуванням (2 — 720 об/с)

Слід особливо відзначити той факт, що робота перемішуючого пристрою різко збільшує швидкість циркуляції сою до кінця процесу варки. З рис.4.5. видно, що абсолютні значення швидкості циркуляції сою на

початку процесу уварювання складала: 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.

Істотне посилення циркуляції соку і збільшення коефіцієнта теплопередачі за рахунок механічного перемішування інтенсифікують процес уварювання, внаслідок чого час його скорочується в середньому на 11%.

Разом з цим спостерігається деяке поліпшення технологічних показників процесу уварювання сокей: наростання кольоровості сока знижується на 10,7%, що можна пояснити скороченням тривалості уварювання і інтенсивної циркуляції за відсутності зон місцевого перегріву; виснаження межкристального розчину збільшується на 2,1% за рахунок уварювання сока до більш високого вмісту сухих речовин і більшого вмісту кристалів цукру в соці; процес кристалізації цукру у апараті 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.

Найістотнішим результатом використання механічної циркуляції при уварюванні сока є значне: посилення передачі теплоти від поверхні нагріву до соку. Так, коефіцієнт теплопередачі в середньому зростає при тиску грюючої пари 150 кПа на 20,8%, а при тиску пари 130 кПа - на 11,3%.

Аналіз діаграм витрати пари на апарат показує, що його витрата на уварювання в початковий період така ж, як і при природній циркуляції сока. Перевага в механічній циркуляції стає помітною в кінці процесу уварювання, коли швидкість випаровування води в 3 рази більша ніж при природній циркуляції. На остаточне згущування сока при уварюванні з механічним циркулятором потрібно 15 хв, а при природній циркуляції сока — 45 хв.

Відмічається [18] зменшення наростання кольоровості продуктів і як наслідок зниження кольоровості білого цукру. При цьому: зменшення потенціалу гріючої пари з 150 до 130 кПа приводить також до зниження наростання кольоровості сося. Уварювання сося у апараті з механічним циркулятором сприяє отриманню більш рівномірних кристалів цукру. Вміст золи в готовому цукрі знижується на 15—17%.

Крім того, при уварюванні сося у апараті з механічним циркулятором значно економляться пара і паливо, оскільки в цьому випадку можливе уварювання сося з концентрованих сиропів, а апарат можна обігрівати вторинною парою III корпусу випарної установки.

4.3. Дослідження впливу конструктивних параметрів мішалки на гідродинаміку перемішування соку

4.3.1. Теоретичне дослідження гідродинаміки перемішування соку турбінною мішалкою відкритого типу

Гідродинамічні параметри, такі як розподіл швидкості рідини в апараті, насосний ефект мішалки, час циркуляції служать основою для оцінки роботи різних типів перемішуючих пристроїв.

Модернізацією апарату передбачено встановлення додаткової мішалки відкритого типу.

Турбінні мішалки оснащені лопатками і мають чітко окреслений ротор. У відкритих турбінних мішалках лопатки не заключені в корпус. Найбільш простою і одночасно високоефективною конструкцією є мішалка з прямими плоскими лопатками, які розміщені радіально. Основні розміри турбінної мішалки з похилими плоскими лопатками показані на рисунку 4.1. Плоскі лопатки можуть бути нахилені під певним кутом відносно площини обертання: 30° , 45° , 60° . Найчастіше кут нахилу дорівнює $\alpha=45^\circ$. Така мішалка створює осьовий потік рідини, що є для переміщення соку у вакуум-апараті в заданому напрямку.

Дослідженню розподілу швидкості в апаратах з мішалками присвячено багато теоретичних та експериментальних робіт. Характер руху рідини в таких апаратах є складним.

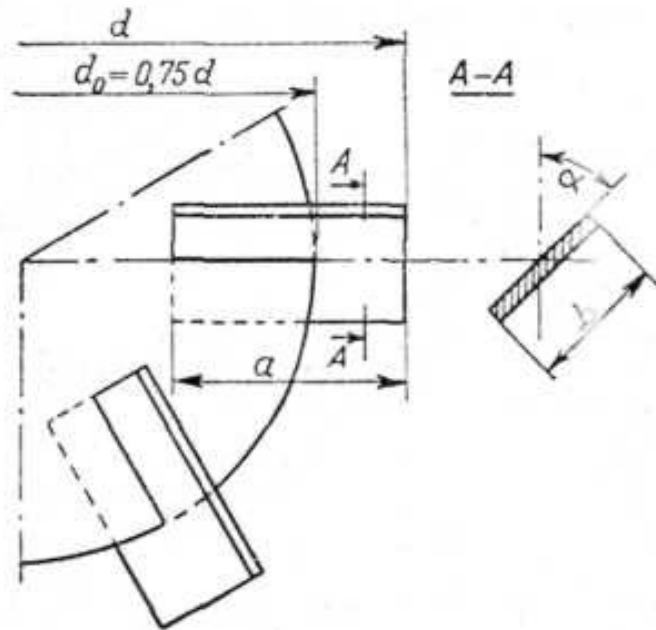


Рисунок 4.5. – Основні розміри турбінної мішалки з похилими плоскими лопатками

Для математичного опису перемішування рідини найчастіше використовується циліндрична система координат (r, φ, z) .

Результуючу швидкість w рідини в будь-якій точці апарата можна розкласти в такій системі координат на три складові: радіальну складову w_r , осьову складову w_z та тангенціальну складову w_t (рисунок 4.6).

Окремі складові можна визначити за залежностями :

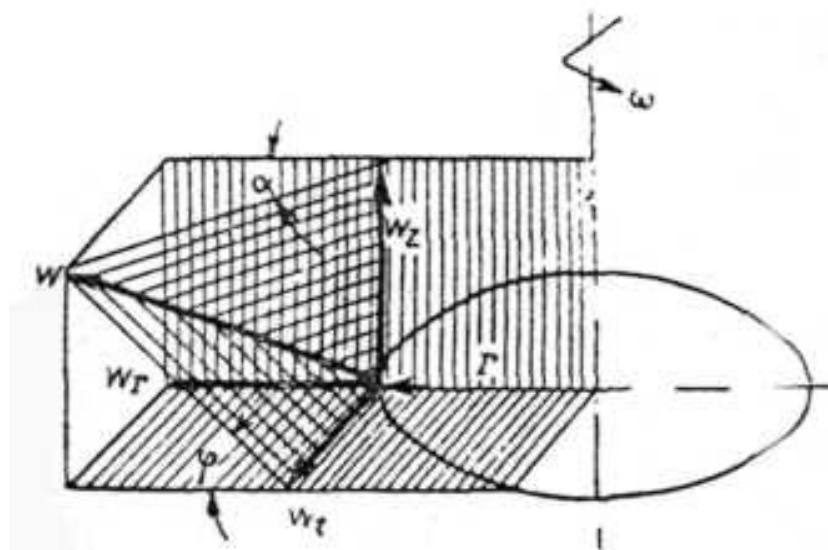
$$w_r = \frac{w}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad (4.1)$$

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

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

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

Результуюча швидкість в площині мішалки на відстані r можна визначити за формулою [31]

$$\frac{w}{n \cdot d} = 0,223 \cdot r^{-1.56} \cdot \left(\frac{d}{D}\right)^{1.62}, \quad (4.4)$$

де d – діаметр мішалки, м;

n – число обертів мішалки, s^{-1} ;

D – внутрішній діаметр апарата з мішалкою, м.

Формула справедлива для області $d/D = 1/7 \div 1/2$.

Встановлено, що швидкість обертання мішалки і висота її встановлення при $h/D=1/3 \div 1/2$ не впливають на значення відношення $\frac{w}{n \cdot d}$.

Для забезпечення додаткової циркуляції соку важливим параметром є насосний ефект мішалки.

Насосний ефект мішалки – об’ємна витрата рідини через мішалку, яка розглядається як ротор насоса.

Турбінні мішалки з похилими лопатками створюють змішаний радіально-осьовий потік. Для таких мішалок загальний насосний ефект V_p^* буде сумою радіального V_{pr}^* та осьового V_{pz}^* потоків:

$$V_p^* = V_{pr}^* + V_{pz}^* \quad (4.5)$$

Лопатки нахилені відносно площини $z=const$ під кутом $\alpha=const$ (цей кут не змінюється зі зміною радіуса r).

Складові вектора швидкості в радіальному та осьовому напрямку

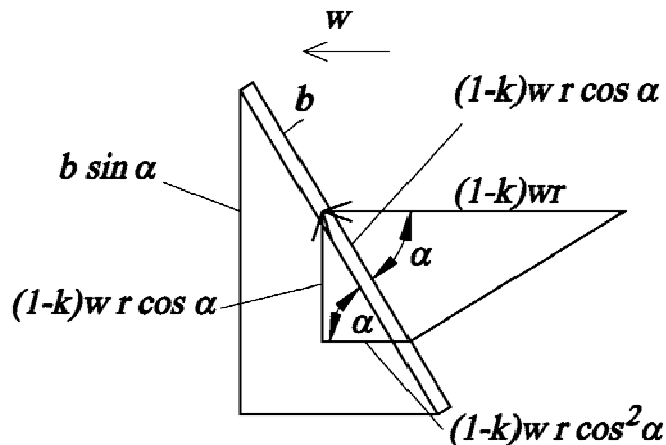


Рисунок 4.7. - Схема розподілу вектора швидкості для похилої лопатки

Вихідною для розрахунку окремих швидкостей є різниця

$$(w - w_c) \cdot r = (1 - k) \cdot w \cdot r \quad (4.6)$$

між коловою швидкістю мішалки та коловою швидкістю рідини, яка як тангенціальна швидкість діє на лопатку в площині мішалки, $z=const$. Цю швидкість можна розділити на складові:

радіальну:

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

і осьову:

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

Тому насосний ефект радіального потоку для перерізу кола циліндра $\pi \cdot b \cdot d$ і при умові, що $w \cdot r = \pi \cdot d \cdot n$, буде:

$$V_{pr}^* = \pi^2 \cdot (1-k) \cdot b \cdot n \cdot d^2 \cdot \cos^2 \alpha. \quad (4.7)$$

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

Звідки:

$$V_{pz}^* = 2\pi \cdot (1-k) \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot 2\pi \int_0^{d/2} r^2 \cdot dr \quad (4.8)$$

Після інтегрування отримуємо:

$$V_{pz}^* = \pi^2 \cdot (1-k) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot n \cdot \frac{d^3}{6} \quad (4.9)$$

Додаючи рівняння (4.7) і (4.9) знаходимо:

$$V_p^* = \pi^2 \cdot b \cdot n \cdot d^2 \cdot (1-k) \cdot \left(\cos^2 \alpha + \frac{d}{6b} \sin \alpha \cdot \cos \alpha \right), \quad (4.10)$$

де k – коефіцієнт, постійний для певної мішалки, який визначається експериментально.

Результати експериментальних досліджень [33] деяких видів турбінних мішалок представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. – Результати експериментального дослідження насосного ефекту [33]

№	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 лопаток турбінної мішалки на її насосний ефект при перемішуванні соку

Встановлення перемішуючого пристрою у апараті повинно забезпечити рух соку в осьовому напрямі, що забезпечується насосним ефектом, який створює мішалка.

Провівши аналіз формул (4.7), і (4.9), (4.10) можна сказати, що насосний ефект залежить від: ширини лопаті b , частоти обертання n та діаметра мішалки d в квадраті – прямопропорційно. Вплив на насосний 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. 4.8).

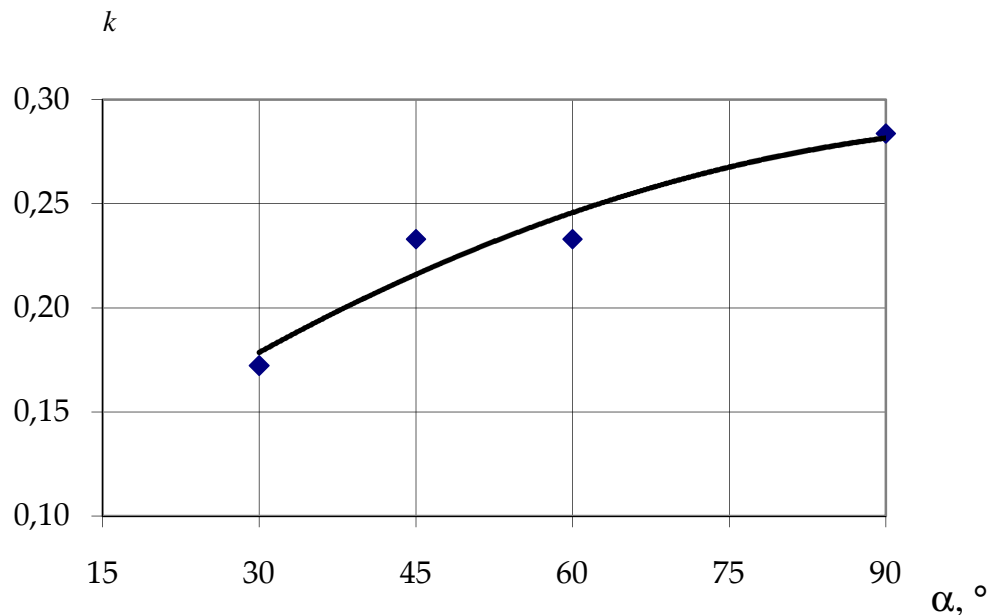


Рисунок 4.8. - Залежність коефіцієнту k від кута нахилу лопаті

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

$$k = -0.0571\alpha^2 + 0.218\alpha + 0.0801 \quad (4.11)$$

для проектованої мішалки з достовірністю апроксимації:

$$R^2=0.9208$$

Для визначення необхідного кута нахилу лопаток турбінної мішалки для перемішування соку проведемо розрахунок на ЕОМ залежності насосного ефекту від кута нахилу α за допомогою програмного пакету Excel і графічно визначимо для якого кута нахилу вплив осьової складової насосного ефекту найбільший .

Діаметр мішалки приймемо конструктивно

$$d = 400\text{мм} = 0.4\text{м}.$$

Задамося відношенням ширини лопаті до діаметру мішалки:

$$d/b=4$$

Приймемо попередньо число обертів мішалки

$$n = 20 \text{ об/хв}$$

Результати розрахунку наведено в таблиці 4.2 та на рисунку 4.9.

Таблиця 4.2. – Результати розрахунку залежності насосного ефекту відкритої турбінної мішалки для перемішування соку від кута нахилу лопаті 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

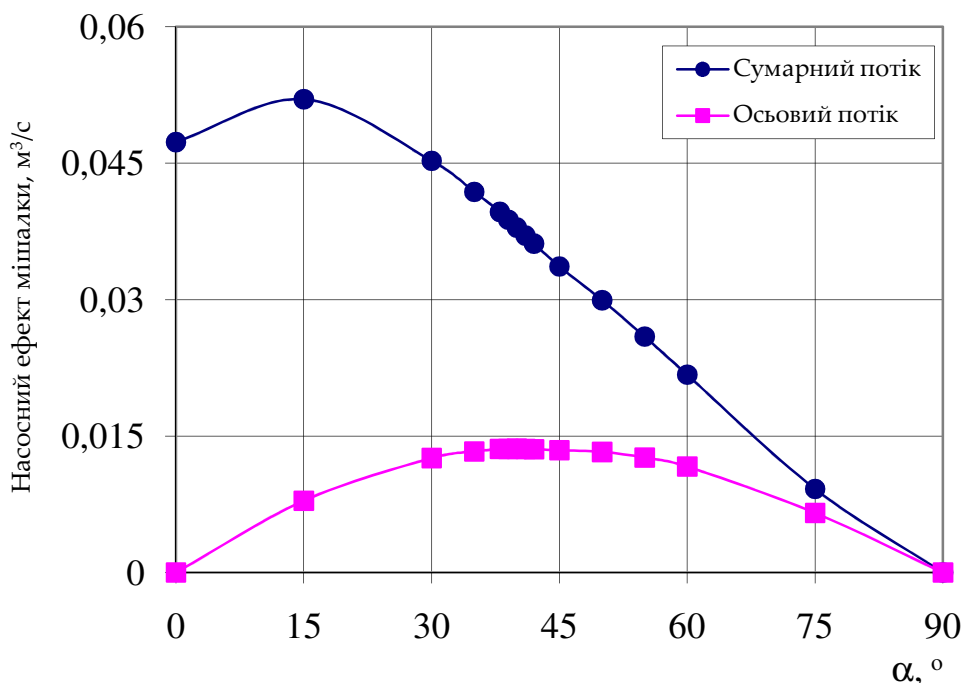


Рисунок 4.9. - Залежність насосного ефекту відкритої турбінної мішалки для перемішування соку від кута нахилу лопаті α

Як видно з результатів розрахунку найбільше значення осьової складової насосного ефекту спостерігається для $\alpha = 40^\circ$.

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

4.3.3. Дослідження впливу кута нахилу лопаток турбінної мішалки на потужність необхідну для перемішування соку

Потужність N , що витрачається на перемішування, це енергія, яка передається перемішуваній рідині за одиницю часу за допомогою мішалки.

Потужність будемо визначати з рівняння модифікованого критерія Ейлера для процесу перемішування (критерія потужності) [31]:

$$Eu = \frac{N}{n^3 \cdot d^5 \cdot \rho} \quad (4.12)$$

Значення критерію Ейлера приймемо за результатами експериментальних досліджень [31].

Залежність критерія Ейлера від кута нахилу лопаток для турбінної мішалки наведена на рис. 4.10.

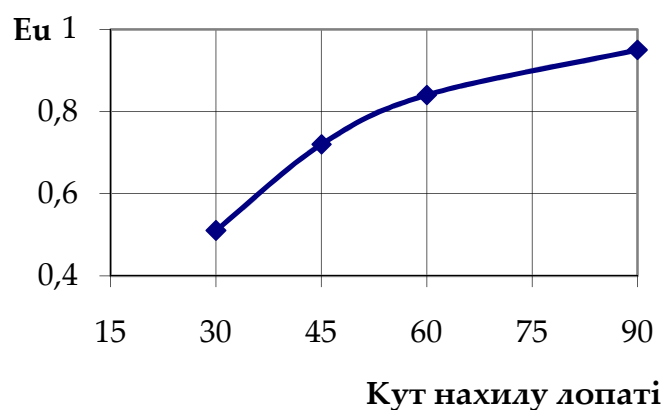


Рисунок 4.10. - Залежність критерія Ейлера від кута нахилу лопаток для турбінної мішалки

В результаті комп'ютерної обробки отримуємо рівняння залежності критерія Ейлера від кута нахилу лопаток для турбінної мішалки:

$$Eu = -0.4244\alpha^2 + 1.3043\alpha - 0.0527 \quad (4.13)$$

з достовірність апроксимації:

$$R^2=0.998$$

Потужність необхідна для перемішування:

$$N = Eu \cdot n^3 \cdot d^5 \cdot \rho \quad (4.14)$$

Розрахунок потужності, необхідної для перемішування, в залежності від кута нахилу α лопаток турбінної мішалки для перемішування соку проведемо на ЕОМ за допомогою програмного пакету Excel.

Вихідні дані для розрахунку:

Діаметр мішалки прийємо конструктивно $d = 400\text{мм} = 0.4\text{м}$.

Прийємо попередньо число обертів мішалки $n = 20 \text{ об/хв}$

Результати розрахунку наведено в таблиці 4.3 та на рисунку 4.11.

Таблиця 4.3. – Результати розрахунку залежності потужності для 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.

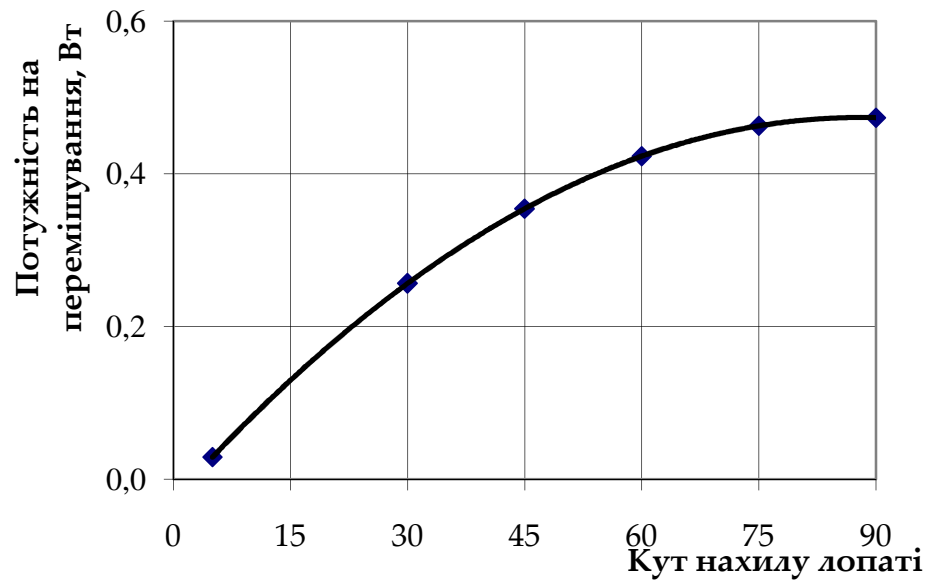


Рисунок 4.11. - Залежність потужності від кута нахилу лопаті α

4.3.4. Аналіз отриманих результатів

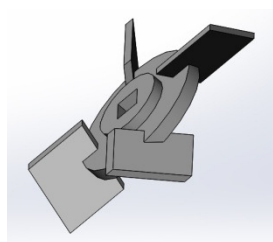
В результаті проведених досліджень було визначено вплив кута нахилу лопаток турбінної мішалки на її насосний ефект при перемішуванні. Проведені розрахунки показали, що найбільше значення осьової складової насосного ефекту спостерігається для $\alpha = 40^\circ$.

Також було встановлено, що зі збільшенням кута нахилу лопаті мішалки збільшується потужність, необхідна на перемішування, але оскільки при менших кутах нахилу потужність в основному витрачається на радіальну складову насосного ефекту, то для розробки конструкції мішалки приймаємо кут кута нахилу лопаток $\alpha = 40^\circ$.

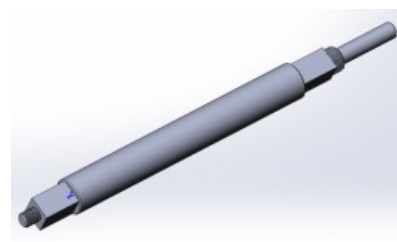
4.4. 3D модель перемішувального пристрою випарного апарату

У результаті дослідження впливу різних конструктивних параметрів мішалки на гідродинаміку та тепловіддачу під час уварювання соку цукрового буряка були встановлені співвідношення між конструктивними елементами мішалки та випарного апарату для забезпечення сприятливої гідродинамічної обстановки та покращення тепловіддачі при уварюванні соку

Відповідно до отриманих в роботі результатів було проведено 3D-моделювання елементів модернізованого перемішувального пристрою за допомогою SolidWorks (рис. 4.12 – 4.13).



Мішалка



Вал мішалки

Рисунок 4.12. – 3D-моделі основних елементів перемішувального пристрою

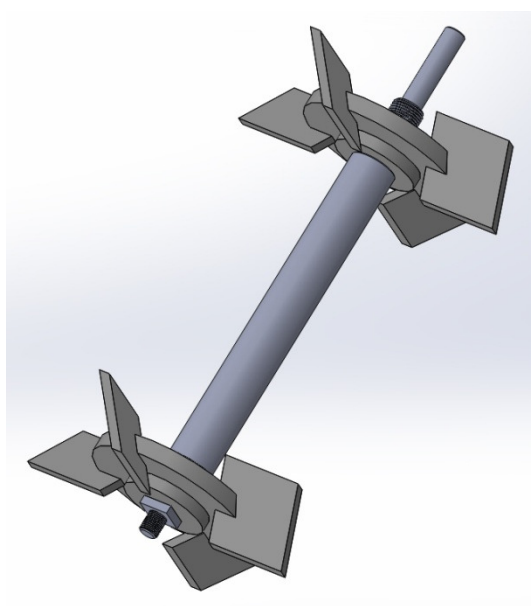


Рисунок 4.13. – 3D-модель перемішувального пристрою в зборі

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці

На бурякоцукрових і цукрорафінадних заводах незалежно від форм власності слід суворо дотримуватися загальних та галузевих 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.

Вимоги безпеки до виробничого обладнання.

1. Виробниче обладнання, призначене для індивідуального використання, або у складі потоково-механізованих і автоматизованих ліній в технологічних процесах цукрового виробництва повинне відповідати вимогам ГОСТ 12.2.124, ГОСТ 12.2.003, а також Правил по охороні праці в цукровій галузі харчової промисловості

2. Вимоги безпеки до виробничого обладнання конкретних груп, видів, моделей, які використовуються в технологічних процесах, встановлюються з обліком:

- особливостей призначення, використання і умов експлуатації;
- використання засобів механізації, автоматизації (у тому числі автоматичного регулювання параметрів робочих процесів, дистанційного

керування і контролю);

- використання вбудованих в конструкцію засобів захисту працівників, а також засобів інформації про появу небезпечних (у тому числі пожежовибухонебезпечних) і шкідливих для працівників виробничих чинників;

- можливості використання засобів захисту, що не входять в конструкцію обладнання;

- результатів випробувань, а також аналізу небезпечних ситуацій (у тому числі пожежовибухонебезпечних), можливих при експлуатації обладнання;

- прогнозу можливого виникнення небезпечних ситуацій на знов встановлюваному або модернізованому устаткуванні.

Вимоги безпеки до технологічного комплексу повинні також враховувати можливі небезпеки, викликані сумісним функціонуванням одиниць виробничого обладнання, складових комплекс.

3. Кожний технологічний комплекс і виробниче обладнання, що автономно використовується, повинні бути укомплектовані експлуатаційною документацією, що містить вимоги, які запобігають виникненню небезпечних ситуацій при їх монтажі (демонтажі), введенні в експлуатацію і експлуатації.

4. Експлуатаційна документація в частині забезпечення безпеки повинна містити:

- специфікацію небезпеки, інструменту і пристосувань, що забезпечують безпечне виконання всіх передбачених робіт по монтажу (демонтажу), введенню в експлуатацію і експлуатації виробничого обладнання;

- правила монтажу (демонтажу) виробничого обладнання і способи попередження можливих помилок, що приводять до створення небезпечних ситуацій;

- вимоги до розміщення обладнання у виробничих приміщеннях (на

виробничих майданчиках), що забезпечують зручність і безпеку його використання, технічного обслуговування і ремонту, вимоги по оснащенню приміщень і майданчиків засобами захисту, що не входять в конструкцію виробничого обладнання;

- зведення про рівні шуму, вібрації, випромінювань, шкідливих речовин, мікроорганізмів і інших небезпечних і шкідливих чинників, що генеруються виробничим обладнанням в оточуючу середовище;

- описи порядку введення виробничого обладнання в експлуатацію і способів попередження можливих помилок, що приводять до небезпечних ситуацій;

- вказівки допустимих меж і зовнішніх дій (температури, атмосферного тиску, вологості, сонячної радіації, вітру, обмерзання, вібрації, ударів, землетрусів, агресивних газів, електромагнітних полів, шкідливих випромінювань, мікроорганізмів і т.п.) і дій виробничого середовища, при яких безпека виробничого обладнання зберігається;

- правила управління обладнанням при всіх передбачених режимах його роботи і опис дій працюючих у разі виникнення небезпечних ситуацій (включаючи пожежовибухонебезпечні);

- опис способів своєчасного виявлення відмов вбудованих засобів захисту і дій працюючих в цих випадках;

- регламент технічного обслуговування і прийоми його безпечного виконання;

- правила забезпечення пожежовибухобезпеки;

- правила транспортування, зберігання і експлуатації виробничого обладнання;

- вимоги до навчання працюючих (включаючи тренаж), вікові і інші обмеження, а також вимоги до обслуговуючого персоналу по використуванню засобів індивідуального захисту;

- правила безпеки при здійсненні дезінфекції, дегазації і дезактивації.

5. Виробниче обладнання повинне залишатися безпечним протягом

всього періоду експлуатації при виконанні споживачем вимог, встановлених в експлуатаційній документації і Правил по охороні праці в цукровій галузі харчової промисловості.

6. Виробниче обладнання в процесі експлуатації не повинне забруднювати оточуюче середовище викидами шкідливих речовин і мікроорганізмів в кількості вище допустимих значень, встановлених стандартами і санітарними нормами.

7. Виробниче обладнання повинне бути пожежовибухобезпечним в передбачених умовах експлуатації.

Технічні засоби і методи забезпечення пожежовибухобезпеки повинні відповідати ГОСТ 12.2.124, ГОСТ 12.2.004, ГОСТ 12.1.010, ОНТП 24-86, технічним умовам і експлуатаційній документації на виробниче обладнання конкретних груп, видів, моделей.

8. Конструкція виробничого обладнання, що приводиться в дію електричною енергією, повинна включати пристрої (засоби) для забезпечення електробезпеки.

Технічні засоби і способи забезпечення електробезпеки (огорожа, заземлення, занулення, ізоляція токоведущих частин, захисне відключення і ін.) повинні відповідати ГОСТ 12.2.124, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.1, ГОСТ 12.2.007.3, ГОСТ 12.2.007.4, ГОСТ 12.2.007.6, ГОСТ 12.2.007.7, ГОСТ 12.2.007.14, ГОСТ 12.1.038, ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 2787, Правилам по охороні праці в цукровій галузі харчової промисловості.

9. Виробниче обладнання повинне бути виконано і змонтовано так, щоб виключати накопичення зарядів статичної електрики до кількості, що представляє небезпеку для працівників, і можливість пожежі і вибуху.

10. Виробниче обладнання, діюче за допомогою неелектричної енергії (гідравлічної, пневматичної, енергії пари), повинне бути встановлено так, щоб всі небезпеки, супутні цим видам енергії, були виключені.

11. Обладнання не повинне мати гострих кутів, кромок і нерівностей поверхонь, що представляють небезпеку травмування працюючих.

Компоновка складових частин обладнання повинна забезпечувати вільний і зручний доступ до них, безпеку при монтажі і експлуатації.

12. Система смащування складальних одиниць і механізмів, розташованих в місцях, небезпечних для обслуговуючого персоналу, повинна бути автоматичною або дистанційною. Вона повинна виключати можливість попадання змащувальних масел на сировину і готову продукцію цукрового виробництва, на частини обладнання, не вимагаючі мастила, а також на майданчики обслуговування.

13. Схема монтажу обладнання і його експлуатація повинні виключати мимовільне ослаблення кріплення складальних одиниць і вузлів і переміщення рухомих елементів за межі, передбачені конструкцією.

14. Обладнання повинне бути оснащено запобіжними пристроями (запобіжними клапанами, муфтами і ін.), що запобігають виникненню перевантажень елементів конструкції, що приводять до їх руйнування і створення аварійних ситуацій.

15. Обладнання, що виділяє тепло, повинне бути теплоізовано так, щоб температура його зовнішніх поверхонь в місцях, доступних для обслуговуючого персоналу, не перевищувала 45 °С і не було виділення надмірного тепла в робочу зону. Теплоізоляція повинна бути вогнестійкою, стійкою до вологи і механічних дій. Обладнання з примусовим охолодженням повинне мати блокуюче пристрій, що виключає запуск його за відсутності холодоагента.

16. Місткості для зберігання рідких і легкокипаровуваних продуктів цукрового виробництва з температурою вище 45 °С повинні мати розташовані у верхній частині оглядові люки і забезпечуватися надійно діючими приладами вказівки рівня продукту в місткості.

Місткості для зберігання продуктів з температурою нижче 45 °С повинні мати нижні, відкриваються всередину, люки, що самоущільнюються.

17. Замочна арматура, розміщувана на апаратах і резервуарах, повинна мати чітке маркування: найменування заводу-виготівника, умовний прохід,

граничний допустимий тиск, напрям потоку середовища. На маховичках вентилів, засувок і кранів повинно бути вказано напрям обертання їх при відкритті і закритті.

18. Бункери і воронки для подачі сировини і пристрої для виходу готової продукції повинні мати конструкцію, що забезпечує при завантаженні і вивантаженні безпеку обслуговуючого персоналу. Конструкція завантажувальних пристроїв повинна виключати викид сировини назовні.

19. Чищення і миття обладнання (апаратів, місткостей) повинні проводитися без перебування людей усередині них. Операції по санітарній обробці (видалення залишку, промивка, пропарювання, дегазація) повинні бути механізовані.

20. Вузли обладнання, поверхні огорож і захисних пристроїв, є небезпечними для обслуговування, повинні бути забарвлені в пізнавальні кольори відповідно до ГОСТ 14202 і знаки безпеки відповідно до ГОСТ 12.4.026.

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 терmostійким 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 терmostійкого 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. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Організація заходів з підвищення хімічної безпеки

Відповідно до 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. Держава як гарант цього права створює систему цивільного захисту, яка повинна захистити населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру.

Цивільний захист України є державною системою органів управління силами і засобами, що створюються для організації забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій (НС).

Протихімічний захист це комплекс заходів проведених з метою запобігти чи послабити вплив на людей хімічної обстановки. На ТОВ “Ланівці-цукор” заходами протихімічного захисту керує начальник штабу Цивільної оборони підприємства. Безпосереднім проведенням заходів на об'єктах займаються спеціальні служби ЦЗ.

Задачі протихімічного захисту:

1. своєчасне виявлення ознак хімічного зараження й оповіщення персоналу про небезпеку ;
2. захист населення, тварин, продуктів харчування, питної води, технологічного обладнання;
3. ліквідація наслідків хімічного зараження.

Режими протихімічного захисту:

1. застосування засобів індивідуального захисту, припинення роботи з укриттям персоналу в захисних спорудженнях;
2. застосування засобів індивідуального захисту і продовження роботи;
3. вивід і вивіз населення з зон хімічного зараження.

Хімічний контроль є складовою частиною комплексу заходів протихімічного захисту і проводиться з метою оцінки працездатності особового складу формувань ЦО, робітників та службовців і визначення порядку їх використання, обсягів медичної допомоги на етапі евакуації, необхідності й обсягу санітарної обробки людей, дегазації устаткування, техніки, транспортних засобів, засобів індивідуального захисту одягу, можливість використання продуктів харчування, води, сировини, що опинились в зонах хімічного зараження.

Хімічний контроль організується штабом і службами цивільної оборони об'єкта і проводиться різними командирами формувань і силами розвідувальних підрозділів – групами (ланками) хімічної і загальної розвідки, розвідниками-хіміками формувань ЦО. Визначення ступеня зараження продуктів харчування, води, фуражу проводиться хімічними лабораторіями Цивільної оборони.

Хімічний контроль проводиться для визначення ступеня зараження СДОР (ОР) засобів індивідуального захисту, продовольства, води, фуражу, а також місцевості і повітря. На підставі хімічного контролю визначається можливість дії людей без засобів індивідуального захисту, повнота дегазації техніки і споруджень, знезараження продовольства, води.

Вчасно організований і правильно проведений хімічний контроль допоможе забезпечити збереження життєдіяльності і працездатності людей.

Основні засоби захисту населення в умовах хімічного зараження:

- 1) оповіщення про небезпеку хімічного зараження;
- 2) укриття в захисних спорудах (сховищах);
- 3) використання засобів індивідуального захисту (протигазів і засобів захисту шкіри);
- 4) дотримання режимів поведінки (захисту) на заражених територіях;
- 5) евакуація людей із зони зараження;
- 6) санітарна обробка людей, дегазація одягу, територій, споруд, транспортних засобів, техніки і майна.

При погрозі чи при виникненні аварії на хімічно небезпечному об'єкті відповідно до заздалегідь розроблених планів проводиться оповіщення працюючого персоналу і проживаючого поблизу населення. Населення і персонал заводу по сигналу надягає засоби захисту органів дихання і виходить із зони ураження у вказаний район.

Організується розвідка, що встановлює місце аварії, вид СДОР(ОР), ступінь зараженості території, повітря, стан людей у зоні зараження, границі зон зараження, напрямок і швидкість вітру в приземному шарі і напрямок поширення повітря.

Встановлюється оточення зон зараження й організується регулювання руху. Уражені після надання їм допомоги доставляються в незаражений район, а при необхідності в лікувальну установу. Продукти харчування і вода, що опинились в зонах зараження, піддаються перевірці на зараження, після чого приймається рішення на їхню дегазацію чи знищення.

Ділянки безпосереднього виливу (викиду) СДОР зазвичай невеликих розмірів; з них як правило можливий швидкий вихід (виведення) людей. У першу чергу евакуюються люди, що не мають протигазів, що мають, але не укрилися в сховищах; в останню чергу евакуюються ті, хто знаходиться у сховищах.

В аварійній загазованості застосовується два основних види протигазів: фільтруючі й ізолюючі. Фільтруючі протигазу, коли невідома концентрація парів СДОР, варто застосовувати переважно для виходу з зараженої зони. Для аварійних робіт і при високих концентраціях СДОР треба використовувати ізолюючі протигазу.

У випадку виявлення після хімічного нападу супротивника чи під час руху по зараженій території крапель чи мазків отруйних речовин на шкірних покривах, одязі, взутті чи засобах індивідуального захисту необхідно негайно зняти їх тампонами з марлі чи вати. Якщо таких тампонів немає краплі (мазки) ОР можна зняти тампонами з папера чи дрантя. Уражені місця варто обробити розчином з індивідуального протихімічного пакета (ІПП) чи

шляхом ретельного промивання теплою водою з милом. При поразці ОР треба прийняти таблетки з гнізда №2 аптечки АІ-2. Для знезаражування деяких інших СДОР можна рекомендувати, крім того, певні речовини, що можуть виявитися під руками. Наприклад, для нейтралізації рідкого хлору - лужні відходи виробництва чи водні розчини гіпосульфїту, гашеного вапна й інших речовин; для знезаражування рідкого хлорпїкрину - водні розчини сірчистого натрію.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено заходи з модернізації випарного апарату А2-ПВВ 1800 з метою покращення уварювання соку в цукровому виробництві. Для досягнення мети було проаналізовано сучасні конструкції випарних апаратів, сучасні методи інтенсифікації процесу уварювання соку, будову та особливості роботи вакуум-випарного апарату А2-ПВВ 1800.

Дослідження кінетики уварювання соку показало, що саме гідродинамічна обстановка здійснює суттєвий вплив на швидкість кристалізації цукру і на процес уварювання. Недостатнє перемішування у апараті 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 додаткового перемішувального пристрою для створення сприятливої гідродинамічної обстановки та сприяння тепломасообміну. Також 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 соку. Відповідно до отриманих в роботі результатів розроблено 3d-модель перемішувального пристрою у SolidWorks.

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закалов О.В. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв. Навчальний посібник. / Закалов О.В., Ворощук В.Я. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 350 с.
2. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б., Кирпиченко Н.В.-К.: ЦУЛ, 2007. 304с.
3. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. / За ред. І.С. Гулого Вінниця: Нова книга, 2001р. 576с.
4. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості; навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Р.О., Українець А.І. та ін..-Вінниця: Нова книга, 2004.-288с.
5. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш., О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
6. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І.Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
7. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. — 2-ге вид., перероб. Затверджено МОН / Стеблюк М.І. — К., 2010. — 487 с.
8. Васійчук В.О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк. - Львів: Видавництво НУ "ЛП", 2010. - 417с.
9. Бедрій І.Я., Нечай В.Я. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. 2006, 2007. 499 с.
10. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці. К.: Центр учбової літератури, 2009. 209 с.
11. Желібо Є.П., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Підручник. 2009.

12. Кулініченко В.Р., Мирончук В.Г. Випарювання і випарні апарати у розрахунках і конструюванні. К.: Кондор, 2006. 392с.
13. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 156 с.
14. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. 150 с.
15. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту. 2010. 418с.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**ХІІ Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023

УДК 664

П. М. Чорний, Я. В. Фриз, Н. М. Зварич, к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

P. M. Chorny, Ya. V. Fryz, N. M. Zvarych, Ph.D, Assoc. Prof

WAYS OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF FOOD PRODUCTION

Питання енергетичної безпеки України, а також і країн Європи значно загострилося після повномасштабного вторгнення росії в Україну в лютому 2022 року. Війна також показала наскільки тісно пов'язані світові продовольчі та енергетичні ланцюги [1]. Зростання цін на енергоносії та ресурси, що впливає на всіх: від постачальників сировини до виробників упаковки, постачальників логістичних послуг і роздрібних торговців, підтвердило важливість енергоефективних рішень у переробних виробництвах. Для багатьох процесів виробництва харчових продуктів, таких як пастеризація, стерилізація, сушіння, випарювання, ректифікація тощо характерним є високе споживання енергії через використання тепла. Однак на кількість необхідної енергії може суттєво впливати використовуване обладнання [1, 2, 3]. Через енергоємність цих процесів енергія (газ, електрика чи інше паливо) зазвичай становить найбільші експлуатаційні витрати, тобто енергоефективність є ключовим фактором при виборі обладнання. Різниця в тепловій ефективності технологічного обладнання на 5-10% швидко призведе до прямої економії енергії або поточних витрат.

Для підвищення енергоефективності харчових виробництв можна використовувати різні методи [2]: рекуперація відхідного тепла, нові термодинамічні цикли (теплові насоси, нові холодильні цикли, теплові труби, гібридні системи опалення), застосування нетермічних процесів харчового виробництва (опромінення їжі, імпульсні електричні поля, обробка під високим тиском, мембранні технології), використання нових методи нагрівання (інфрачервоне, мікрохвильове та радіочастотне нагрівання, омичне нагрівання). Важливим напрямом підвищення енергоефективності харчових виробництв є утилізація відходів при переробці харчової сировини (відходи на енергію).

Отримання кінцевого продукту у харчовій промисловості характеризується поєднанням декількох процесів перетворення сировини з використанням відповідного технологічного обладнання. У результаті чого потрібно поєднувати кілька методів енергоефективності (для різних технологічних машин і обладнання), зосереджених на одному або кількох процесах для зменшення споживання енергії. У багатьох випадках енергоефективність може навіть підвищити якість кінцевих продуктів, враховуючи моніторинг зовнішніх умов. У такому випадку ефективним є використання технологій SMART виробництва та індустрії 4.0.

Література

1. Energy Efficient Food Processing Solutions: веб-сайт. URL: <https://fluidhandlingpro.com/beverage-industry/energy-efficient-food-processing-solutions/> (дата звернення: 29.11.2023).
2. Review of Energy Efficiency Technologies in the Food Industry: Trends, Barriers, and Opportunities: веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/339751580_Review_of_Energy_Efficiency_Technologies_in_the_Food_Industry_Trends_Barriers_and_Opportunities (дата звернення: 29.11.2023).
3. Energy Efficient Equipment: веб-сайт. URL: <https://www.food-management.com/archive/energy-efficient-equipment> (дата звернення: 30.11.2023).

12.	М. А. Тримбашевський, Т. П. Друк АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАМШУВАННЯ ТІСТА	281
13.	М. С. Маракін, Д. Р. Гавліч ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БОРОШНА В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА	283
14.	М. І. Шпікула ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ МОРОЗИВА	284
15.	Р. В. Береговий, Н. М. Кость, М. М. Череватий, О. І. Бакалець МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ БІЛКІВ МОЛОКА	285
16.	М. А. Стадницький, В. І. Кравець ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГОМОГЕНІЗАТОРА КЛАПАННОГО ТИПУ	286
17.	Р. Г. Погайдак; В. І. Кравець; О. І. Кравець ЗМІНА РОЗМІРІВ ЧАСТОК КАЗЕЇНУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО СУШННЯ В УСТАНОВЦІ ІЗ ПСЕВДО ЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ	287
18.	С. І. Саварин, В. І. Саварин, Р. М. Варениця ПІДХОДИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ МАШИН	288
19.	А. В. Деркач ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА В ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗІ	289
20.	В. О. Пастушенчин, Л. А. Сторож ВИКОРИСТАННЯ ТОПІНАМБУРА В ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ВИРОБІВ	290
21.	М. Д. Кухтин, М. В. Кухтин МОНІТОРИНГ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ РЕЧОВИН У ЗАМОРОЖЕНІЙ РИБІ ІМПОРТОВАНОЇ В УКРАЇНУ	291
22.	Р. І. Журбик, К. Є. Дацишин РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТОНІЗУЮЧОГО МОЛОКОВМІСНОГО ФЕРМЕНТОВАНОГО НАПОЮ	292
23.	А. І. Журбик, К. Є. Дацишин ВІПЛИВ РІЗНИХ РЕАГЕНТІВ НА ВИХІД МОЛОЧНО-РОСЛИННОГО СИРУ ПРИ ТЕРМОКИСЛОТНОМУ СПОСОБІ ЙОГО ОТРИМАННЯ	293
24.	О. А. Цибіна, Л. А. Сторож ПАЖИТНИК ЯК СМАКО-АРОМАТИЧНА ДОБАВКА ДЛЯ РОЗСІЛЬНИХ СИРІВ	294
25.	Є. І. Кучерявий, А-І. М. Голояд ІТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕПЛОНОСІЯ В ПІДГРІВАЧІ СОЛОДУ	295
26.	В. В. Корницький ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ	297
27.	Р. І. Мацега, С. С. Наконечний, Н. М. Зварич СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ	299
28.	П. М. Чорний, Я. В. Фриз, Н. М. Зварич ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	300
29.	А. Т. Лялик, Л. І. Божик ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ У ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ	301
30.	О. С. Покотило, Д. Я. Далєвська, В. М. Далєвський ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РЯЖАНКИ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТАЦІЇ	302