

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)  
Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
Микола ЯКИМЧУК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-4М

Блохін Євгеній Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник професор Якимчук М.В.

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач Блохін Є.В.

(підпис)

Київ - 2024р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій  
проектування

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»

(шифр і назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП проф.

Микола ЯКИМЧУК

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Блохіна Євгенія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проекту (роботи)** Модернізація фільтр чану варильного відділення  
продуктивністю 250 гл/варка

**Керівник проекту (роботи)** Якимчук М.В. проф.

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від «20» листопада 2023 р. № 940-кс

**2. Строк подання здобувачем роботи** 01.02.2024р.

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

2. Альбом галузевого обладнання 3. Навчальна та спеціальна література

**4. Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):  
Реферат; Зміст; Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і  
обґрунтування основного напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення  
об'єкту дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова  
частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з  
охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки;  
Список використаних джерел.

**5. Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Загальний вигляд обладнання – 3 аркуші; Деталі та вузли обладнання – 3 аркуші; Схема  
автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова  
частина – 2 аркуші.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 9.11.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Реферат, зміст</i>		
2	<i>Вступ</i>		
3	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження</i>		
4	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>		
5	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>		
6	<i>Розрахункова частина</i>		
7	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>		
8	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>		
9	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>		
10	<i>Висновки</i>		
11	<i>Список використаних джерел</i>		
12	<i>Графічна частина: 10 аркушів формату А1</i>		
13	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>		

Здобувач

( підпис ) (прізвище та ініціали)

Блохін Є.В.

Керівник роботи

( підпис ) (прізвище та ініціала)

Якимчук М.В.

## РЕФЕРАТ

### МОДЕРНІЗАЦІЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО ЧАНУ ВАРИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ 250 ГЛ /ВАРКУ

Під час виконання кваліфікаційної роботи було проведено аналіз основних елементів конструкції фільтраційного чану та етапів фільтрації, що дозволило визначити напрям модернізації. Основна увага приділена модернізації конструкції фільтраційного днища, конструкції та кількості випускних отворів, тривалості рециркуляції суслу та автоматизації процесу фільтрації.

Проведено технологічний розрахунок фільтраційного чану для варильного відділення продуктивністю 250 гл/варка.

**Метою роботи є: модернізація фільтраційного чану варильного відділення для підвищення ефективності пивоварних процесів.**

**Об'єкт дослідження** - взаємозв'язки між технологічними та конструкційними параметрами фільтраційного чану для варильного відділення.

**Предметом дослідження** – фільтраційний чан варильного відділення.

**Новизна роботи полягає у вдосконаленні:**

- системи фільтрації, що дозволяє збільшити швидкість фільтрації, знизити втрати екстракту та забезпечити рівномірну якість суслу;
- механізму розпушування дробини, що сприяє зниженню злежування фільтраційного шару;
- конструкції та кількості випускних отворів, що покращує рівномірність витоку суслу та зменшує імовірність зупинки фільтраційного процесу.
- покращення технологічних етапів фільтрації та впровадження системи автоматизації.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Блохін Є.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>РЕФЕРАТ</b>	<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 4

**Результатами модернізації фільтраційного чану є:**

- зниження часу фільтрації на 30%;
- збільшення кількості циклів фільтрації до 16/добу;
- підвищення ефективності фільтраційного процесу;
- забезпечення стабільної якості сусла;
- зменшення енергоспоживання шляхом оптимізації процесів.

Проведена оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє техногенне середовище.

**Ключові слова:** фільтрація, сусло, рециркуляція, фільтраційне днище, автоматизація, розпушування дробини.

## ABSTRACT

### MODERNIZATION OF THE LAUTERING TUN IN THE BREWING DEPARTMENT WITH A CAPACITY OF 250 HL/BREW

During the preparation of the qualification work, an analysis of the main structural elements of the lautering tun and the filtration stages was conducted, which allowed determining the direction of modernization. The main focus was on improving the design of the false bottom, the design and number of run-offs, the duration of wort recirculation, and the automation of the filtration process.

A technological calculation of the lautering tun for the brewing department with a capacity of 250 hectoliters per brew was carried out.

The aim of the work is the modernization the lauter tun in the brewhouse to improve the efficiency of brewing processes.

The object of the study is the interrelation between technological and structural parameters of the lauter tun for the brewhouse.

The subject of the study is the lauter tun of the brewhouse.

**The novelty of the work** lies in the improvement of:

- the filtration system, which increases filtration speed, reduces extract losses, and ensures consistent wort quality;
- the spent grain loosening mechanism, which helps reduce the compaction of the filtration layer;
- the design and number of run-offs, which improve the uniformity of wort outflow and reduce the probability of filtration process interruptions;
- the technological filtration stages and the implementation of an automation system.

**The results of the lautering tun modernization include:**

- a 30% reduction in filtration time;
- an increase in the number of filtration cycles to 16 per day;
- improved efficiency of the filtration process;
- ensured stable wort quality;
- reduced energy consumption through process optimization.

230753.KP.02.000 ПЗ

Інд.  
змін.

Дата  
видання

Мва  
UA

Аруш  
6

An assessment of the planned activity's impact on the surrounding technological environment was conducted.

**Keywords:** filtration, wort, recirculation, false bottom, automation, spent grain loosening.

## ЗМІСТ

Реферат.....	4
Зміст.....	8
Вступ.....	9
1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження.....	13
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження.....	22
3. Дослідна частина та узагальнення результатів.....	32
4. Розрахункова частина.....	43
5. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування.....	58
6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля.....	64
7. Маркетингове обґрунтування проекту.....	76
Висновки.....	83
Список використаних джерел.....	86
Додатки.....	89

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Блохін Є.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>ЗМІСТ</b>	<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>в</b>

## ВСТУП

Фільтрація затору є важливим етапом у пивоварінні, який забезпечує розділення сусла і дробина подрібненого солоду (дробини), що утворилися під час затирання. У цьому процесі відбувається вилучення сусла, що містить розчинені цукриа інші важливі компоненти, які будуть ферментовані дріжджами на подальших стадіях виробництва пива. Однак, як показують сучасні дослідження, якість і чистота сусла на етапі фільтрації не мають вирішального впливу на кінцеву якість пива, оскільки багато важливих етапів очищення та стабілізації відбуваються на наступних етапах виробництва, таких як варка, коагуляція білків, ферментація та фінішна фільтрація [2, 4].

Основна мета фільтрації затору полягає у швидкому та ефективному відокремленні рідкої і твердої фаз затору, що дозволяє підготувати сусло до подальших етапів з мінімальними втратами екстрактивних речовин. Важливо також зазначити, що фільтрація затору забезпечує стабільний потік сусла для наступних стадій процесу і, отже, підтримує стабільну продуктивність всієї пивоварні. У цьому аспекті фільтрація виконує критичну функцію, дозволяючи зберегти стабільність виробничого процесу та підтримуючи постійну якість сусла незалежно від обсягу виробництва чи умов роботи.

Традиційно процес фільтрації сприймався як основний етап, що визначає прозорість сусла і якість кінцевого продукту, проте сучасні дослідження показують, що цей підхід може бути дещо переоціненим. Як відзначається в дослідженнях [3], "значна частина залишкових твердих часток буде видалена під час наступних етапів виробництва, таких як коагуляція білків у варочному котлі, освітлення на вірпулі та осадження під час ферментації". Цей висновок дозволяє сучасним пивоварам зосередити зусилля не на досягненні абсолютної чистоти сусла, а на стабільності і продуктивності фільтраційного процесу, що має значно більше значення для

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Блохін Є.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>ВСТУП</b>	<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 9

економічної ефективності пивоварні.

Автоматизація та вдосконалення фільтраційного процесу дозволяють не тільки підвищити стабільність і передбачуваність цього етапу, але й забезпечити зниження виробничих витрат. Використання інновацій, таких як подача інертного газу для уникнення ущільнення дробини, допомагає підтримувати рівномірний потік сусла і знижує ризик закупорки, що підвищує ефективність без потреби досягати надмірної прозорості. За даними досліджень [1], "основна мета фільтрації затору полягає в забезпеченні стабільного потоку сусла, який дозволяє уникнути збоїв у виробничій лінії та підтримувати рівень продуктивності".

Фільтрація також має важливе значення з економічної точки зору: зниження часу на фільтрацію сприяє збільшенню загальної продуктивності, що особливо важливо для великих пивоварень, де кожна хвилина простою може призвести до значних витрат. За даними [4], витрати на обслуговування фільтраційного обладнання та економія часу на цьому етапі мають безпосередній вплив на загальну вартість виробництва пива, оскільки автоматизація процесу дозволяє зменшити участь людини і підвищити стабільність виробничих параметрів. "Чим стабільніше і швидше проходить процес фільтрації, тим нижчі витрати на виробництво і вище ефективність всього процесу", — зазначається в дослідженнях.

Враховуючи вищезазначене, у сучасному пивоварінні дедалі більше уваги приділяється не якості фільтрації як такої, а стабільності та передбачуваності цього процесу. Прагнення до надмірної прозорості сусла є менш пріоритетним, оскільки подальші етапи виробництва передбачають додаткові методи очищення сусла, такі як освітлення на вірпулі та використання осадження на етапі ферментації [5]. Ці технологічні процеси забезпечують необхідний рівень чистоти та стабільності пива без зайвих зусиль на початковій стадії фільтрації затору.

Як зазначається у [2], "якість фільтрації затору більше залежить від стабільності потоку та ефективного вилучення основної маси твердих часток, ніж від прагнення досягти абсолютної прозорості сусла на цьому етапі". Це твердження підкріплюється й іншими дослідженнями, які свідчать про те, що технологічний процес бродіння та освітлення здатен забезпечити остаточну чистоту пива навіть при неідеальній фільтрації затору. Такий підхід дозволяє зосередитися на економічних та виробничих аспектах процесу, що є особливо важливим для великих виробництв, де швидкість та стабільність фільтрації мають безпосередній вплив на обсяги виробництва та витрати.

Сучасні тенденції у пивоварінні орієнтовані на зниження витрат і підвищення продуктивності. Використання сучасних підходів, дозволяє підвищити ефективність та знизити виробничі витрати. Стабільність і економічність фільтраційного процесу є пріоритетом для сучасних пивоварень, оскільки це дозволяє забезпечити високу якість пива та підтримувати конкурентоспроможність на ринку.

З огляду на зазначене, сучасний підхід до фільтрації затору орієнтований на оптимізацію стабільності та продуктивності процесу, а не на досягнення абсолютної чистоти сусла. Це дозволяє знизити витрати на виробництво і підвищити ефективність, зберігаючи при цьому необхідний рівень якості кінцевого продукту.

**Метою роботи є:** модернізація фільтраційного чану варильного відділення для підвищення ефективності пивоварних процесів.

**Об'єкт дослідження** - взаємозв'язки між технологічними та конструкційними параметрами фільтраційного чану для варильного відділення.

**Предметом дослідження** – фільтраційний чан варильного відділення.

**Практична цінність роботи дозволяє:**

- зменшити час фільтрації на 30%;
- збільшити кількість циклів фільтрації до 16/добу;

- підвищити ефективність фільтраційного процесу;
- забезпечити стабільність якості сусла;
- зменшити енергоспоживання шляхом оптимізації процесів.

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ.

### 1.1 Фільтраційний чан

Фільтраційний чан є найбільш традиційним і широко розповсюдженим методом фільтрації затору, який продовжує займати лідируючі позиції у пивоварній галузі завдяки своїй простоті, економічності та універсальності. За даними *The Brewers Association*, фільтраційні чани складають від 65 до 75% від загального обсягу обладнання для фільтрації на пивоварнях у всьому світі [8]. Їх використовують як великі промислові виробники, так і малі та середні пивоварні, що підкреслює універсальність цього методу і його здатність адаптуватися до різних масштабів виробництва та різноманітних технологічних вимог.

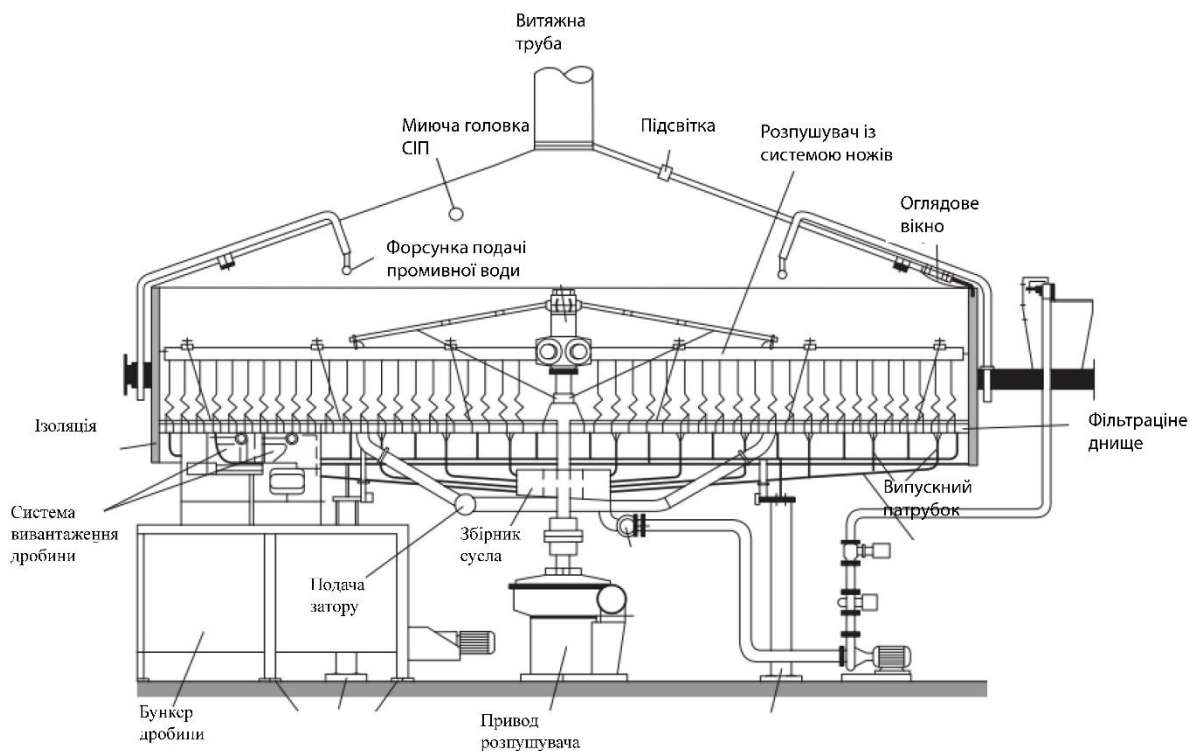


Рис. 1.1 Конструкція фільтраційного чану

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Якимчук М.В.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Блохін Є.В.	Назва, додаткова назва <b>АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>		<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>		
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>

Фільтраційний чан зазвичай являє собою циліндричну посудину з перфорованим дном, на яке викладається шар дробини рис. 1.1. Цей шар виконує функцію природного фільтра, через який проходить сусло, залишаючи тверді частки. У процесі фільтрації утворюється фільтраційний шар дробини, що забезпечує рівномірний потік сусла та видалення небажаних домішок [1].

Фільтраційний чан відомий своєю простотою, економічністю і можливістю забезпечити стабільний процес фільтрації без значних витрат на обслуговування. Kunze зазначає, що фільтраційний чан дозволяє отримувати сусло з мутністю в межах 10–28 ЕВС, що є прийнятним показником для подальшої обробки [2]. Цей рівень мутності дозволяє забезпечити якість сусла, яка відповідає вимогам більшості стилів пива, без необхідності застосування додаткових методів очищення на цій стадії.

Крім того, фільтраційні чани є економічно вигідними для середніх і малих пивоварень, оскільки не потребують значних капіталовкладень у обслуговування.

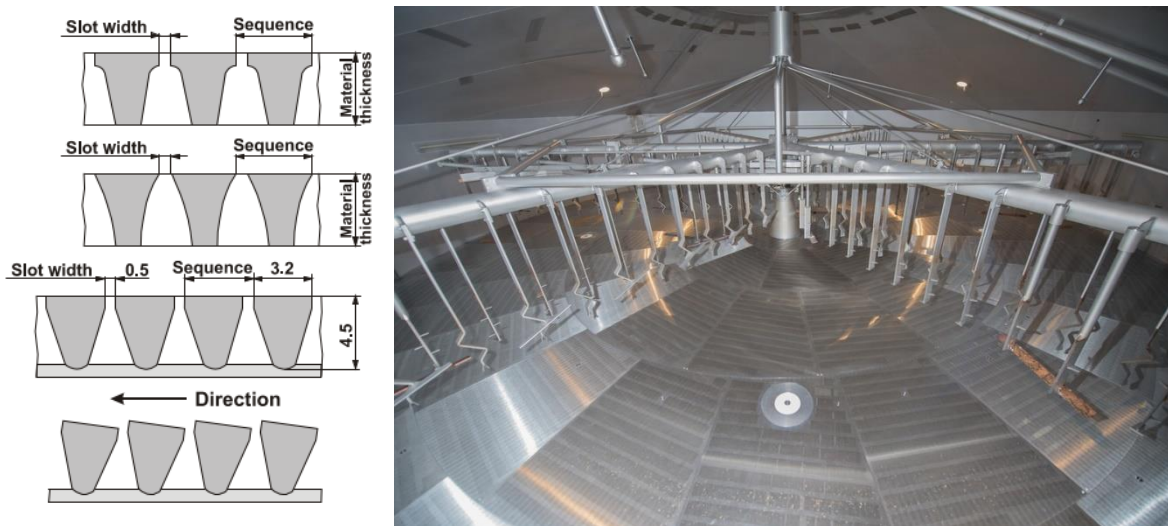


Рис. 1.2 Варіанти профіля фільтраційних сит: 1 та 2 фрезовані, 3 - сітчасті, 4 - сітчасті з нахилом та вигляд фільтраційного днища

Як зазначають Briggs та інші, використання фільтраційного чану дозволяє оптимізувати процес фільтрації, оскільки природний фільтраційний

шар не потребує заміни чи складного технічного обслуговування [1]. Це робить фільтраційний чан особливо вигідним рішенням для пивоварень, де важливим є оптимальне використання ресурсів і стабільна якість.

Фільтраційні чани легко піддаються автоматизації, що дозволяє пивоварам покращити стабільність та передбачуваність процесу. Сучасні моделі фільтраційних чанів оснащені автоматизованими системами контролю, які дозволяють підтримувати оптимальні параметри температури і тиску протягом усього процесу фільтрації. Esslinger підкреслює, що автоматизація чану не лише знижує трудомісткість процесу, але й підвищує точність параметрів фільтрації, що сприяє стабільності якості пива [3].

Автоматизовані системи управління фільтраційними чанами дозволяють контролювати процес у режимі реального часу, знижуючи залежність від людського фактору і мінімізуючи ризик помилок, пов'язаних з відхиленнями у параметрах. Це особливо важливо для великих пивоварень, де стабільність і передбачуваність процесу мають вирішальне значення для забезпечення якості продукції. Як зазначає Geiger, автоматизовані фільтраційні чани можуть суттєво підвищити ефективність процесу і дозволити пивоварням збільшити обсяги виробництва без збільшення витрат на обслуговування [5].

Економічність фільтраційного чану є одним з головних факторів, що пояснюють його популярність серед пивоварень різного масштабу. Lewis & Young підкреслюють, що фільтраційний чан дозволяє мінімізувати витрати на енергію та обслуговування, забезпечуючи при цьому необхідний рівень очищення суслу [4]. Це робить його вигідним для середніх та малих виробників, які прагнуть знизити виробничі витрати, зберігаючи стабільний рівень якості.

Ще однією перевагою фільтраційного чану є його універсальність. Kunze зазначає, що цей метод може використовуватися для різних стилів пива, оскільки фільтраційний процес можна налаштовувати відповідно до

вимог конкретного продукту [2]. Це робить фільтраційний чан особливо привабливим для пивоварень, що виготовляють широкий асортимент продукції.

Фільтраційні чани широко використовуються на провідних пивоварнях, таких як Guinness в Ірландії та Paulaner у Німеччині, де цей метод дозволяє забезпечити високу продуктивність при відносно низьких витратах на обслуговування. Briggs наголошує, що використання фільтраційного чану на великих виробництвах дозволяє підтримувати стабільний рівень продуктивності та якості, що є важливим для підприємств, орієнтованих на великі обсяги виробництва [1].

Як зазначає *European Brewery Convention*, популярність фільтраційного чану пов'язана з його здатністю адаптуватися до різних виробничих умов, що робить його вигідним рішенням для підприємств будь-якого масштабу [9].

Таким чином, фільтраційний чан залишається найбільш універсальним і економічно вигідним методом для фільтрації затору, який забезпечує стабільну якість і передбачуваність процесу. Його простота, можливість автоматизації та низькі витрати на обслуговування роблять його оптимальним вибором як для великих пивоварень, так і для середніх і малих виробників. Завдяки цим факторам, фільтраційний чан займає провідні позиції серед систем фільтрації та забезпечує значний внесок у сучасну пивоварну промисловість [2, 4].

## 1.2 Аналіз основних етапів фільтрації за допомогою фільтраційного чану

Фільтраційний чан працює за принципом гравітаційного відокремлення суслу від твердої фракції затору (дробини) через природний фільтраційний шар, утворений оболонками зерна.

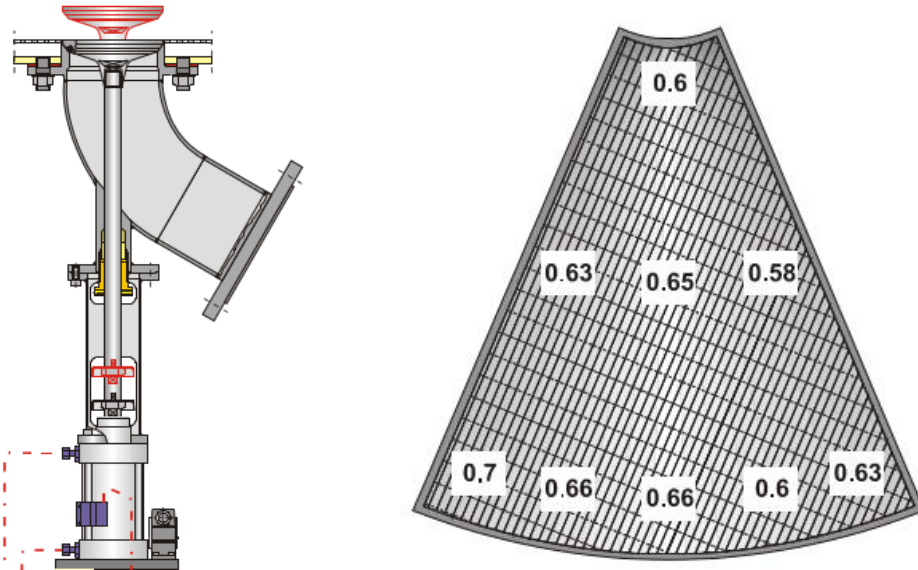
Процес включає кілька етапів, кожен із яких має свої особливості, які впливають на якість і швидкість фільтрації.

### 1. Заповнення підситового простору

Перед подачею затору підситовий простір заповнюється водою, що забезпечує герметичність системи та готує сита до подальшої роботи.

### 2. Перекачка затору

Затор із заторного чану перекачується у фільтраційний чан. Основна мета цього етапу – рівномірно розподілити затор по поверхні сит. Нерівномірний потік часто призводить до утворення зон із підвищеним або



зниженим тиском,

Рис. 1.3 Донний клапан та фрагмент сит фільтраційного чану, компанія GEA, Німеччина

що негативно впливає на подальшу фільтрацію. Для рівномірного розподілення затору по поверхні фільтраційного днища використовуються донні клапани.

### 3. Формування фільтраційного шару (рециркуляція)

Під час цього етапу перше сусло, яке ще містить дрібні часточки, повертається на поверхню дробини. Це дозволяє утворити фільтраційний шар із оболонки зерна, який працює як природний фільтр. Однак висока частка мучки може збільшувати тривалість цього етапу (Kunze, 2014).

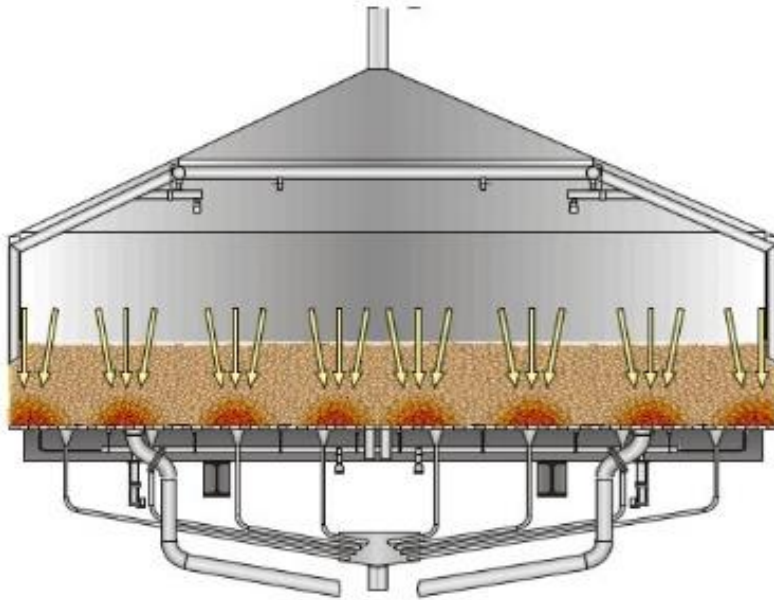
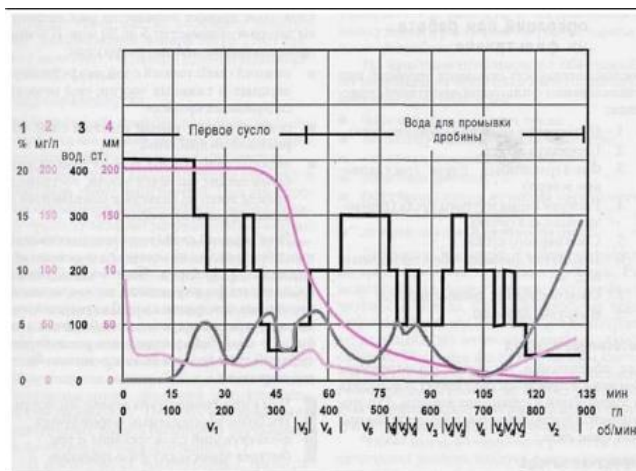


Рис. 1.4 Формування фільтраційного шару та місця ущільнення дробини  
4. Основна фільтрація та спуск першого сусла

Сусло проходить через фільтраційний шар, залишаючи тверді часточки у дробині. Ущільнення шару та його закупорка дрібними часточками є



ТИПОВИМИ

Рис. 1.5 Зміна параметрів фільтрації під час фільтрації затору

проблемами, які уповільнюють цей етап. Відсутність стабільного потоку може призводити до часткового втрачання екстракту.

## 5. Промивання дробини гарячою водою

Промивання дробини є критичним для максимального вилучення екстрактивних речовин. Нерівномірний розподіл води, спричинений ущільненням шару, може знизити екстрактивність і збільшити втрати.

## 6. Завершення промивання

На цьому етапі завершується викачка залишків сусла, що забезпечує підготовку до наступного етапу – вивантаження дробини.

## 7. Вивантаження дробини

Осушена дробина видаляється з фільтраційного чану. Проте ущільнений шар може значно збільшувати тривалість цього етапу.

## 8. Промивка підситового простору

Цей етап очищає сита від залишкових часток, які могли накопичитися під час фільтрації, готуючи систему до нового циклу.

№	Етап	Макс. час (хв)
1	Заповнення підситового простору водою	5
2	Перекачка затору у фільтраційний чан	10
3	Формування фільтраційного шару (рециркуляція)	30
4	Основна фільтрація та спуск першого сусла	90
5	Промивання дробини гарячою водою	30
6	Збір останньої промивної води	10
7	Вивантаження дробини	15
8	Промивка підситового простору	10
	<b>Загальний час фільтрації</b>	<b>200</b>

## Висновок по розділу 1

В результаті проведеного аналізу було визначено, що фільтраційний чан є найбільш поширеною системою на сучасних пивоварнях, доля якої на ринку складає близько 75%. Така широка розповсюдженість підкреслює важливість модернізації цієї системи для підвищення ефективності виробництва. Основні аспекти, які свідчать на користь її вдосконалення:

## 1. Тривалість процесу фільтрації

Аналіз показує, що загальний час фільтрації у фільтраційному чані може досягати до 3 годин 20 хвилин. Зважаючи на великий обсяг виробництва, така тривалість може обмежувати загальну продуктивність пивоварень. Скорочення часу фільтрації за рахунок вдосконалення технології та автоматизації допоможе підвищити продуктивність процесу.

## 2. Забезпечення стабільності процесу

Фільтраційний чан виконує важливу функцію у формуванні стабільного потоку суслу, що підтримує узгодженість виробничого процесу в цілому. Стабільний процес фільтрації дозволяє знизити коливання показників суслу, що підвищує ефективність і якість кінцевого продукту.

## 3. Економія ресурсів

Втрати екстракту під час фільтрації можуть досягати до 2%. Навіть незначне зменшення цих втрат дає значну економію сировини на великих виробництвах. Вдосконалення процесу промивання дробини може підвищити екстрактивність, що позитивно вплине на рентабельність.

## 4. Інвестиційна доцільність

Оскільки фільтраційні чани вже встановлені на більшості пивоварень, їх модернізація є більш економічно вигідним варіантом порівняно з повною заміною обладнання. Вдосконалення наявних систем дозволить підвищити їх ефективність із меншими інвестиціями, ніж заміна на нові системи.

## 5. Необхідність автоматизації

Автоматизація процесу фільтрації дозволить знизити потребу в ручному контролі, забезпечити точні налаштування параметрів та стабільність роботи системи. Це особливо важливо для великих пивоварень, де автоматизація зменшує вплив людського фактора, підвищує безпеку та стабільність виробничих процесів.

Мета роботи — модернізація фільтраційного чану для підвищення ефективності пивоварних процесів.

Об'єктом дослідження - фільтраційний процес на пивоварних підприємствах, зокрема фільтраційний чан як найбільш розповсюджена система фільтрації сусла.

Предметом дослідження - ключові аспекти ефективності фільтраційного чану, такі як тривалість фільтрації, стабільність процесу, втрати екстракту, інвестиційна доцільність та можливість автоматизації.

## РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Модернізація фільтраційного чану базується на впровадженні технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності та стабільності процесу фільтрації.

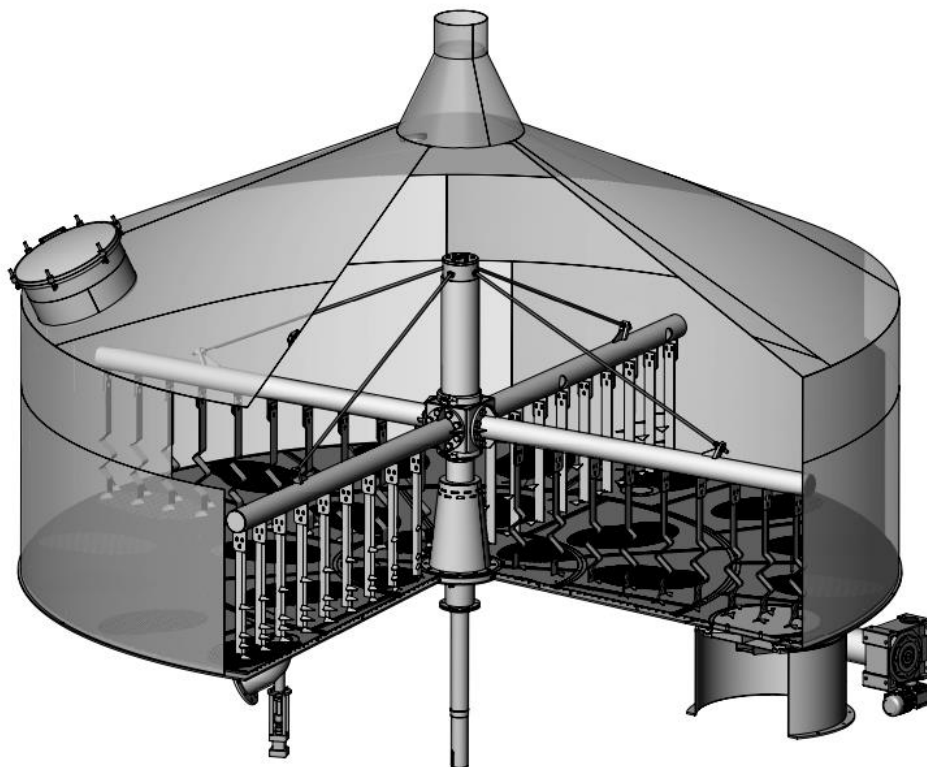


Рис. 2.1 Зовнішній вигляд модернізованого фільтраційного чану

На рис.2.1. зображено основні вдосконалення, серед яких нова конструкція фільтраційного днища. Зменшена кількість випускних отворів (до восьми) та оптимізація їх діаметрів (вхідний 125 мм, вихідний 50 мм) дозволяють забезпечити рівномірний потік сусли та зменшити ймовірність зупинок процесу.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Блохін Є.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>		<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.					

Відображено збільшену висоту підситового простору до 25 мм. Це рішення сприяє покращенню циркуляції сусла та зниженню ризику ущільненню дробини, що є важливим для стабільної роботи чану. Важливу роль у новій конструкції відіграє центральний розподільник сусла, завдяки якому сусло рівномірно розподіляється над поверхнею дробини, що позитивно впливає на якість процесу зафільтровки на початку фільтрації.

Крім того, модернізований чан оснащений форсунками для подачі модифікованими форсунками для промивання підситового простору та подачі азоту. Це рішення значно скорочує час підготовки до фільтрації та забезпечує рівномірний розподіл затору під час перекачування.

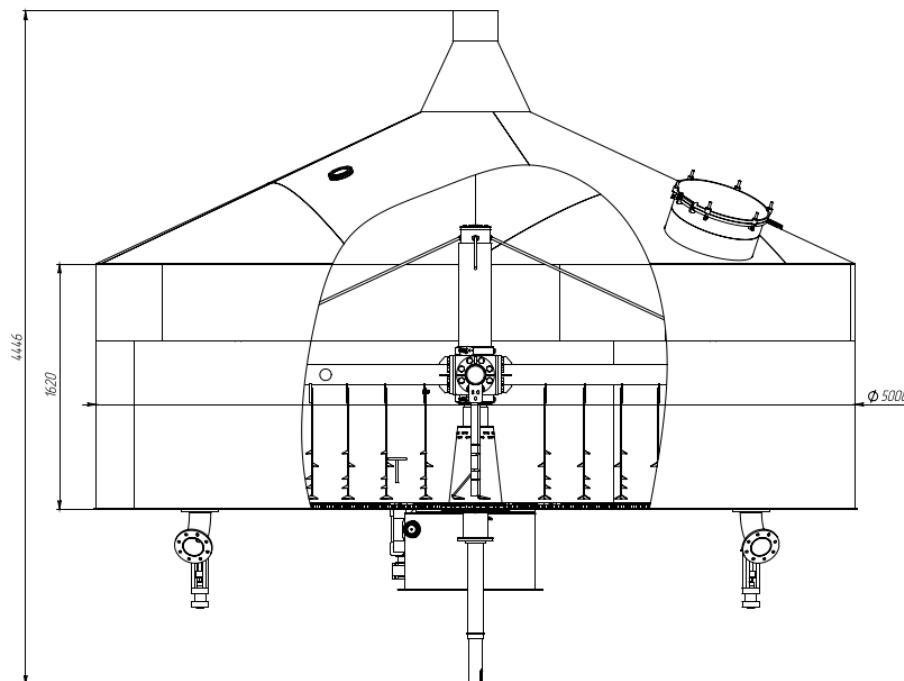


Рис. 2.2 Габаритні розміри модернізованого фільтраційного чану

Габаритне креслення модернізованого фільтраційного чану, представлене на Рис. 2.2 відображає загальні розміри та пропорції конструкції, що враховують вимоги до її інтеграції у сучасні пивоварні виробничі лінії.

Це креслення ілюструє ключові геометричні параметри, зокрема зовнішній діаметр чану, висоту корпусу та пропорції, які дозволяють

забезпечити оптимальну взаємодію з іншими елементами технологічного процесу. Важливим аспектом є те, що розміри чану було адаптовано з урахуванням можливості його експлуатації в умовах високої інтенсивності виробництва.

Габарити фільтраційного чану також розраховані для зменшення займаного простору, що дозволяє ефективно використовувати виробничі площі. У кресленні враховано не лише робочі параметри, але й ергономічність конструкції, яка відповідає сучасним стандартам у галузі машинобудування.

На рис.2.3 зображено нову конструкцію фільтраційного днища модернізованого фільтраційного чану. Днище було суттєво оптимізовано шляхом зменшення кількості випускних отворів для зливу суслу у 2,5 рази порівняно зі старою конструкцією. Такий підхід дозволив знизити складність конструкції, зменшити витрати на виробництво та обслуговування, а також покращити надійність роботи фільтраційної систем.

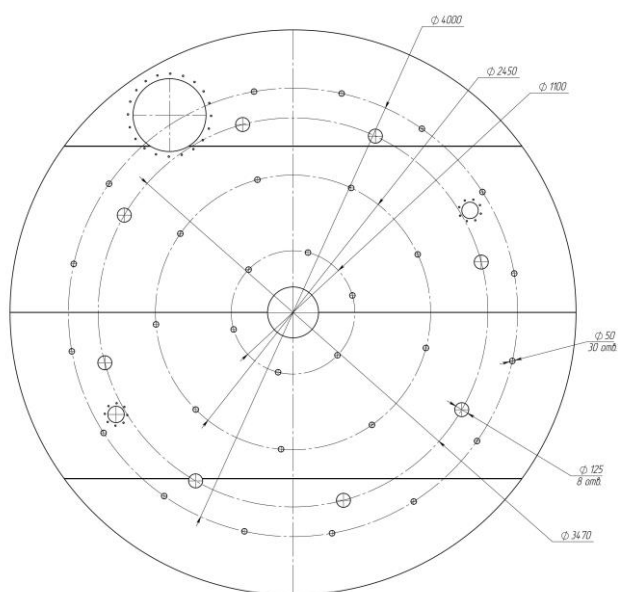


Рис. 2.3 Розміщення випускних отворів та форсунок для промивки підситового простору, загальна кількість випускних отворів – 8, кількість форсунок – 30

Додатково на рис 2.3 відображено розташування форсунок для промивки водою та дозування азоту. Їх кількість була скорочена більше ніж у 2 рази, що спростило конструкцію, підвищило її ремонтпридатність та знизило загальну енерго- і ресурсомісткість процесу. Незважаючи на скорочення кількості форсунок, система забезпечує ефективну роботу завдяки точному розташуванню вузлів, що дозволяє рівномірно промивати підситовий простір і подавати азот для стабілізації фільтраційного процесу.

Загалом нова конструкція фільтраційного днища забезпечує підвищену ефективність фільтрації та промивання при зменшенні витрат на обслуговування і спрощенні конструкції чану, що відповідає сучасним вимогам пивоварного виробництва.

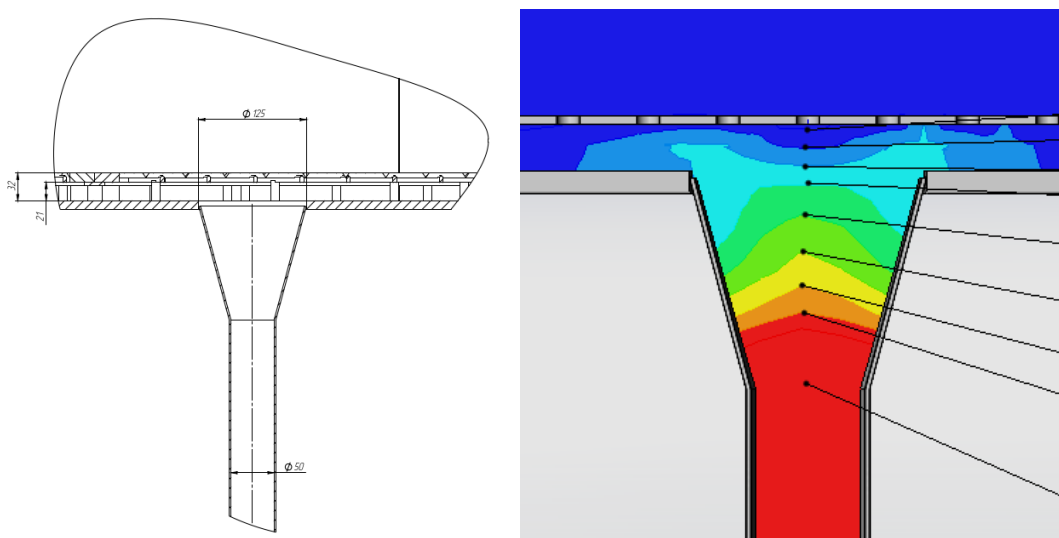


Рис. 2.4 Випускний отвір та розподілення швидкості під час фільтрації

На рис. 2.4 представлено креслення випускного отвору модернізованого фільтраційного чану. Випускний отвір має вхідний діаметр 125 мм та вихідний діаметр 50 мм. Оптимізація кількості

випускних отворів, їх геометричних розмірів і розташування сприяє рівномірному розподіленню швидкості потоку суслу під ситами.

Завдяки такому технічному рішення зменшується ймовірність створення розрідження у шарі дробини безпосередньо над отвором та унеможливується затягування і ущільнення дробини у цих зонах. Це позитивно впливає на стабільність процесу фільтрації, знижує ризики виникнення нерівномірності та забезпечує більш стабільний витік сусла.

Крім того, на рис. 2.4 також зображено розподілення швидкостей потоку сусла поблизу отвору, яке підтверджує рівномірність розподілу та ефективність роботи системи. Такий підхід дозволяє уникнути локальних перевантажень та забезпечує стабільний процес фільтрації. Збільшена висота сита до 25 мм також сприяє покращенню роботи фільтраційного чану, забезпечуючи кращу циркуляцію рідини у підситовому просторі та рівномірний потік сусла через випускні отвори.

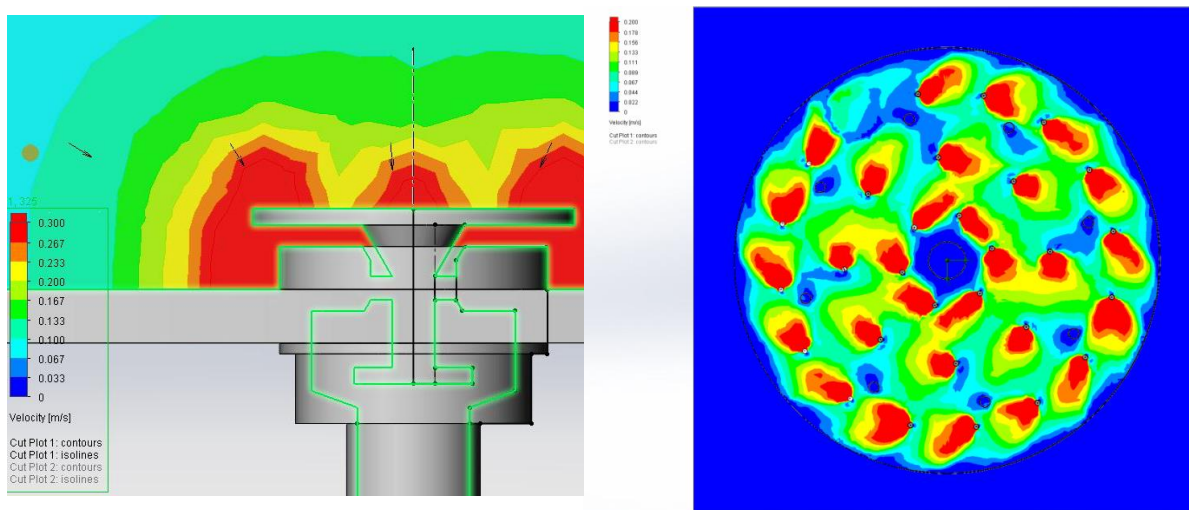


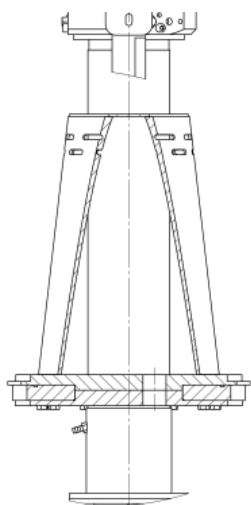
Рис. 2.5 Форсунка для дозування води для промивки підситового простору та розподілення потоків рідини на фільтраційному дніщі

На рис.2.5 представлено конструкцію розпилюючої форсунки, яка використовується для промивання підситового простору модернізованого фільтраційного чану, а також розподілення потоків рідини під час її роботи.

Форсунка забезпечує рівномірне розпилення промивної рідини у підситовому просторі, що сприяє ефективному очищенню без утворення зон з недостатнім або надлишковим зволоженням. На рисунку також продемонстровано, як потоки рідини рівномірно розподіляються по всій площі підситового простору, що забезпечує стабільність та ефективність промивного процесу.

Конструкція форсунки передбачає оптимальний кут розпилення, що дозволяє максимально охопити площу промивання при мінімальних витратах рідини. Це рішення спрощує конструкцію системи промивання та дозволяє зменшити споживання води, зберігаючи при цьому високий рівень очищення.

Зображення на рис.2.5 ілюструє роботу форсунки під час подачі рідини та розподілення потоків, що підтверджує її ефективність і відповідність вимогам сучасних пивоварних процесів. Завдяки цьому



технічному рішенню вдалося забезпечити надійну і стабільну роботу фільтраційного чану навіть за умов високої інтенсивності виробництва.

Рис.2.6 Конструкція центрального розподільника подачі сусла

На рис.2.6 представлено центральний розподільник сусла, який забезпечує рівномірний розподіл каламутного сусла по поверхні

фільтраційного чану. Завдяки цьому рішенням досягається стабільність фільтраційного процесу та оптимізація використання фільтраційного шару.

Окрім рівномірного розподілу суслу, центральний розподільник сприяє ефективному поверненню трубу — залишків хмільової дробини та білкових частинок, які утворюються у вірпулі. Це дозволяє збільшити екстрактивність, оскільки залишкові речовини повторно використовуються у виробничому процесі, замість втрати їх разом зі стоками. Такий підхід сприяє зменшенню забруднення стічних вод, що відповідає сучасним екологічним стандартам та знижує витрати на очищення стоків.

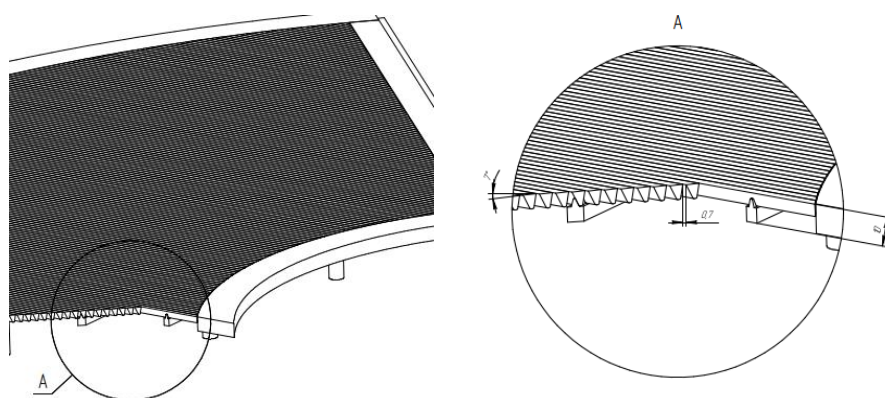


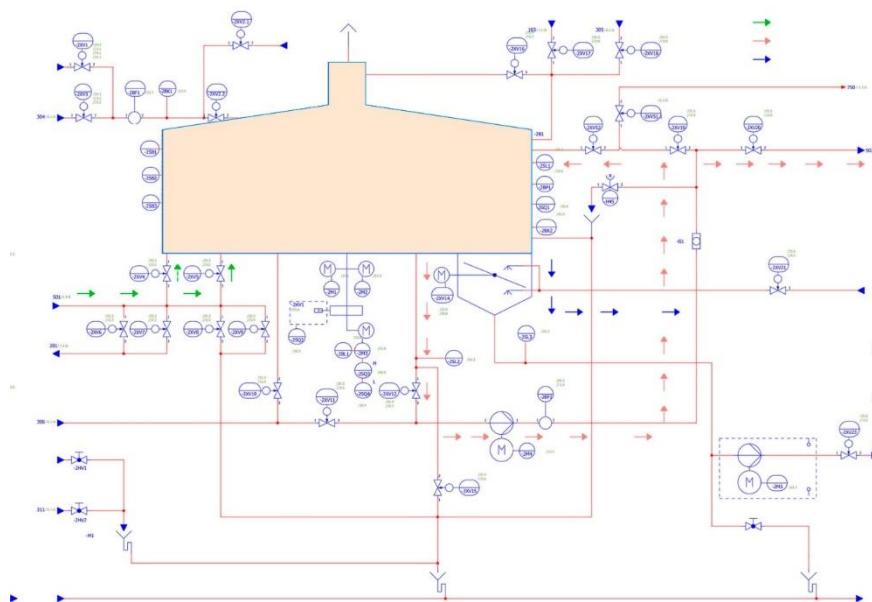
Рис. 2.7. Фрагмент фільтраційного сита

Одним із ключових елементів модернізованого фільтраційного чану є фільтраційне сито, яке зазнало суттєвих змін для покращення ефективності процесу. Його конструкція зображена на рис. 2.7. Зокрема, висота підситового простору була збільшена з 16 мм до 25 мм. Це забезпечує покращену циркуляцію суслу, знижує ризик утворення застійних зон та сприяє стабільності фільтраційного процесу.

Нове фільтраційне сито виготовлене з профільних елементів, які мають кут нахилу 7 градусів, що спрямований перпендикулярно до напрямку вивантаження дробини. Така конструкція дозволяє більш ефективно вивантажувати дробину після завершення фільтрації, знижуючи ризик її ущільнення та залишкових забруднень у фільтраційному просторі.

Конструкція сита була додатково зміцнена, що дозволяє витримувати навантаження до 260 кг засипу на квадратний метр, тоді як старі конструкції розраховувалися лише на 200 кг засипу на квадратний метр. Це вдосконалення забезпечує підвищену надійність роботи чану навіть за умов інтенсивного виробництва та великих обсягів затору.

Фільтраційна площа сит була збільшена з 12% до 16% від загальної площі фільтраційного сита. Це рішення дозволило покращити розподіл потоку сусла, що сприяє більш рівномірному процесу



фільтрації та зменшує час, необхідний для його виконання.

Рис. 2.8. Система автоматизації фільтраційного чану

Завдяки впровадженним вдосконаленням конструкції фільтраційного чану, зокрема оптимізації фільтраційного днища, центрального розподільника сусла та фільтраційного сита, планується скоротити загальний час фільтрації до 90 хвилин. Це дозволить збільшити кількість фільтраційних циклів до 16 на добу, що значно підвищує загальну продуктивність варильного відділення.

Однак, така висока інтенсивність роботи потребує впровадження сучасної системи автоматизації, яка забезпечить точний контроль за всіма етапами фільтраційного процесу. Автоматизація дозволяє не лише підтримувати стабільність параметрів, таких як рівномірність потоку сусла та контроль часу кожного етапу, але й знизити вплив людського фактору, що особливо важливо для забезпечення повторюваності результатів.

На рис. 2.8 представлена схема автоматизованої системи управління фільтраційним чаном. Ця система включає датчики рівня, тиску та температури, а також програмно-апаратний комплекс для автоматичного регулювання подачі сусла, рециркуляції та управління форсунками. Впровадження такої системи забезпечує точний моніторинг і контроль всіх критичних параметрів у реальному часі, що сприяє підвищенню ефективності та стабільності процесу фільтрації.

Незважаючи на те, що оптимізований фільтраційний чан суттєво покращує продуктивність, у варильному відділенні залишаються інші процеси, які унеможливають використання всієї потужності фільтраційного чану. Для покращення продуктивності варильного відділення необхідно усувати інші вузькі місця: збільшувати кількість заторних чанів із двох до трьох, встановлювати збірник сусла, який дозволить накопичувати сусло після фільтрації, а також впроваджувати систему автоматичного догріву сусла під час його

перекачування на сушварильний котел за рахунок енергії рекуперації.

Додатково можуть бути реалізовані й інші технологічні рішення для оптимізації виробничого процесу, які дозволять зменшити втрати часу та підвищити загальну ефективність.

Максимального ефекту можливо досягти лише за рахунок комплексного підходу до вдосконалення варильного відділення.

## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

#### 3.1 Дослідження впливу мутності сусла отриманого з фільтраційного чану на показники якості пива

Останні дослідження показують, що традиційне уявлення про важливість прозорості сусла для отримання високоякісного пива підлягає перегляду. Каламутне сусло має низку позитивних аспектів, які не завжди враховувалися у класичних підходах до пивоваріння.

Як зазначається у дослідженнях [28] поняття мутності є досить розмитими, визначення "каламутне" та "чисте" часто не мають чітких визначень у літературі, і загалом навіть і уявлення про те, що вважати каламутним чи прозорим змінилися з роками, особливо з огляду на постійне вдосконалення технології.

Навіть зараз, десь на пивоварнях, де використовуються старі технології, ще можна почути від пивовара: "це сусло недостатньо прозоре, воно не має "янтарного блиску", або щось подібне.

Результатом такого підходу є те, що процес фільтрації може тривати годинами, що в кінцевому рахунку впливає на продуктивність виробництва.

В дослідженнях які були проведені в [28] затирання затору проводилося відварочним способом рис. 3.1.1. Параметри процесу та обладнання зазначені у таблицях 3.1.1-3.4.1.

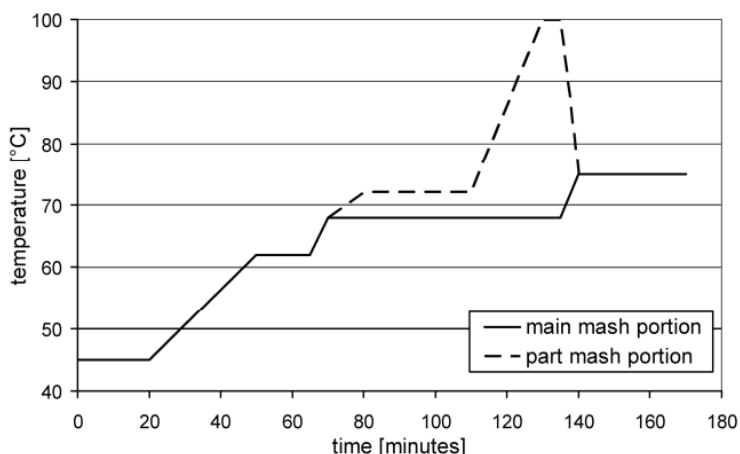


Рис. 3.1.1 Декокційний метод з однією відваркою

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Блохін Є.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ</b>	<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>32</b>

Таблиця 3.1.1 Сировина

Аналізатор	Одиниця вимірювання	Pilsen malt	Lager malt
Вологість	%	04.май	4.0
Екстракт, суха маса	%	82.1	81.7
Екстракт, фактичний	%	78.4	78.4
В'язкість (перерахунок на 8.6° Plato)	10 <sup>-3</sup> Ns/m <sup>2</sup>	янів.51	п.а.
Фріабільність	%	83.6	86.2
Склоподібність	%	01.апр	1.0
Час оцукрювання	хв	5–10	10–15
Відтік	—	clear	clear
Колір	ЕВС	02.авг	03.июл
Значення рН	—	май.88	п.а.
Розчинний азот, суха маса	мг/100 г сухої маси	692	700
Індекс Колбаха	%	40.8	39.1
Протеїн, суха маса	%	10.июн	11.фев
VZ 45°C	%	38.8	39.2
Класифікація > 2.8 мм	%	85.2	85.5
Класифікація 2.5–2.8 мм	%	11.июл	10.сен
Класифікація 2.2–2.5 мм	%	02.май	3.0
Класифікація < 2.2 мм	%	0.6	0.6

Таблиця 3.1.2 Технічні арактеристики системи фільтрації затору

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Система фільтрації	—	Lauter tun
Рік виготовлення	—	Прибл. 1980
Внутрішній діаметр	мм	3,4
Загальний обсяг	гл	127.11
Специфічне навантаження	кг/м <sup>2</sup>	176.23
Кількість отворів для відбору суслу	1/м <sup>2</sup>	янів.65
Кількість отворів для відбору суслу	—	15
Кількість входів для затору	—	1
Ширина щілини фальш-дна	мм	Прибл. 2.5
Геометрія щілини фальш-дна	—	Фрезеровані
Кількість ножів	1/м <sup>2</sup>	янів.65
Кількість ножів	—	15
Тривалість перекачування затору	хв	8–10
Тривалість видалення дробини	хв	15
Втрата температури	К/год	13.авг

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Обсяг слабого сусла	гл	3
Час зайнятості	хв	135
Загальне навантаження	кг	1,6
Ефективна площа фільтрації	м <sup>2</sup>	09.авг
Обсяг сусла	гл	110

Таблиця 3.1.3 Процедура фільтрації для стандартної та каламутної фільтрації

Крок процесу	Стандартна фільтрація	Каламутна фільтрація	Критерії
Витримка перед фільтрацією	10 хв	5 хв	—
Відкриття клапана фільтрації	—	—	Ступінь відкриття: 90%
Попередній пробіг	3 хв	3 хв	Прибл. 11%
Налаштування клапана	—	—	Ступінь відкриття: 60%
Рециркуляція каламутного сусла	5 хв	3 хв	—
Фільтрація першого сусла I	10 хв	10 хв	—
Відкриття клапана фільтрації	—	—	Ступінь відкриття: 100%
Фільтрація першого сусла II	10 хв	10 хв	—
Фільтрація першого сусла III	10 хв	10 хв	Рівень у чані < 30 см
Перше промивання та відбір	15 хв	15 хв	25 гл
Глибоке розпушування	4 хв	4 хв	0%
Підняття системи розпушування	36% /43 см	5% /6 см	Постійне розпушування: 2 об/хв
Перекачування каламутного сусла	2 хв	2 хв	—
Фільтрація першого промивання	36%	5%	Рівень у чані < 30 см
Друге промивання	36%	5%	10 гл
Фільтрація другого промивання	36%	5%	Рівень у чані < 30 см
Третє промивання	36%	5%	10 гл
Фільтрація третього промивання	36%	5%	Об'єм у баку попереднього збору > 200 см
Сушка дробини	—	—	—
Видалення дробини	—	—	—

Підвищена мутність сусла може сприяти поліпшенню ферментації завдяки кращому живленню дріжджів. Каламутне сусло містить більше азотовмісних сполук і довголанцюгових жирних кислот, які є важливими для здорового метаболізму дріжджів [1, 4, 28].

Каламутне сусло, всупереч традиційним уявленням, не спричиняє значного погіршення якості пива. Воно може навіть сприяти покращенню піноутворення та зниженню тривалості ферментації, що в кінцевому рахунку впливає на продуктивність виробничого процесу. З іншого боку надмірна фільтрація для досягнення прозорості може позбавляти сусло важливих поживних речовин [2, 28], що в кінцевому рахунку може погіршити смак пива, тобто якість кінцевого продукту.

Таблиця 3.1.4 Технічні характеристики кип'ятіння та системи ип'ятіння

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Система кип'ятіння	—	Динамічне кип'ятіння при низькому тиску
Рік виготовлення	—	Прибл. 2003
Внутрішній діаметр	мм	2,8
Загальний обсяг	гл	177
Співвідношення висоти рівня сусла до діаметра	—	1.005
Максимальний робочий надлишковий тиск	бар	10 (котел)
Температура кипіння на виході з котла	°C	103
Час кипіння	хв	50
Загальна випаровуваність	%	6
Швидкість випаровування	%/год	07.фев
Тривалість відливу	хв	8
Час зайнятості без урахування кипіння	хв	76
Температура кипіння	°C	102.2–103 (динамічні піки), 100 (атм.)
Обсяг охолодженого сусла	гл	96–97
Площа нагрівання	м <sup>2</sup>	9.0

У цьому дослідженні було застосовано різні процедури фільтрації затору: скорочення часу витримки, скорочення часу циркуляції каламутного сусла, а також зниження висоти розпушувального механізму з приблизно 43 до 6 см над фальш-дном із безперервним розпушуванням (таблиця 3.1.3). Ці зміни призвели до збільшення каламутності сусла протягом усього процесу

фільтрації порівняно зі стандартною процедурою (рис. 3.1.2), підтверджуючи попередні спостереження.

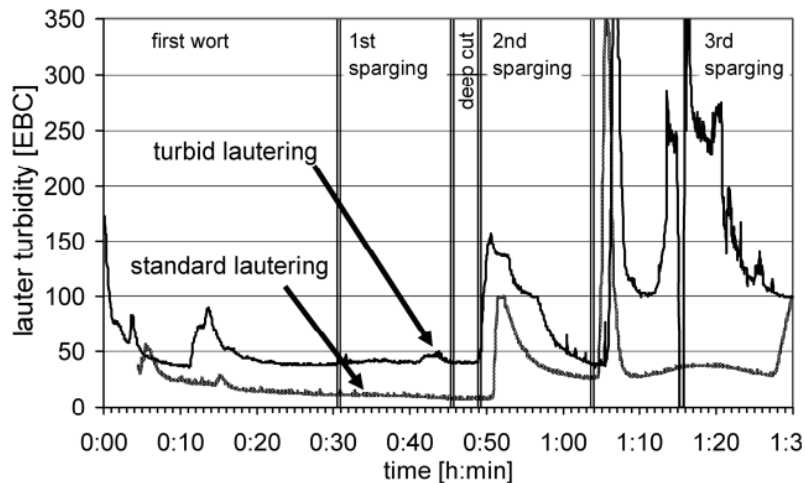


Рис. 3.1.2. Порівняння каламутності сусла при стандартній і каламутній фільтрації затору

Аналіз пива охоплював низку параметрів, зокрема показники старіння. Зростання показників старіння під час примусового старіння дало важливу інформацію про стабільність смаку.

Як видно з рис. 3.1.3, у пива, отриманого з каламутного сусла, спостерігалось дещо більше зростання показників старіння. Проте ця різниця була незначною і меншою, ніж очікувалося. Відмінності у збільшенні кисневих та температурних показників були ще меншими, статистично незначущими і, ймовірно, спричиненими експериментальною похибкою.

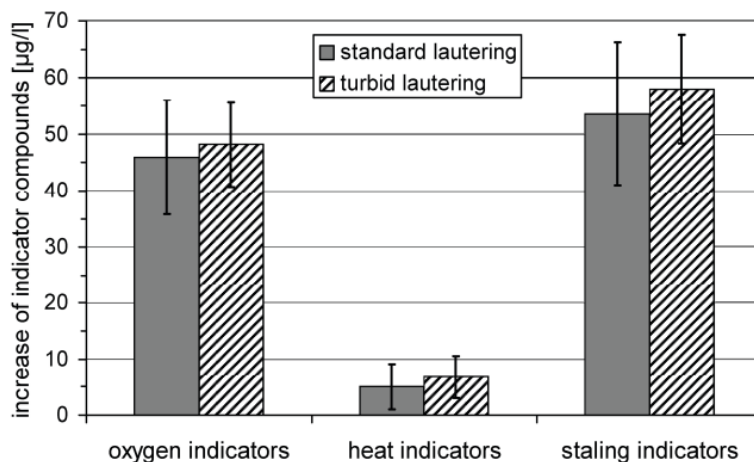


Рис. 3.1.3 Зростання показників старіння у пиві внаслідок примусового старіння

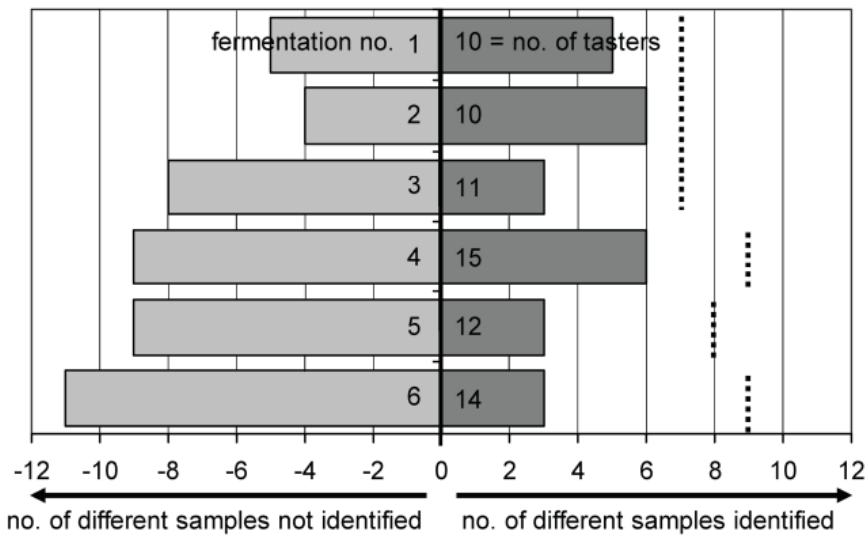


Рис. 3.1.4 Результати трикутного тесту професійних дегустаторів: ліва частина – відмінності не виявлені, права – відмінності виявлені

Виходячи з даних відображених на рис. 3.1.4 "каламутне пиво" не було визнано значно відмінним від "стандартного". Цікаво те, що із збільшенням кількості повторного засіву дріжджів дегустатори все менше розрізняли зразки. Проте ті, хто зміг відрізнити зразки, частіше надавали перевагу зістареному пиву з каламутного суслу в п'яти з шести тестів.

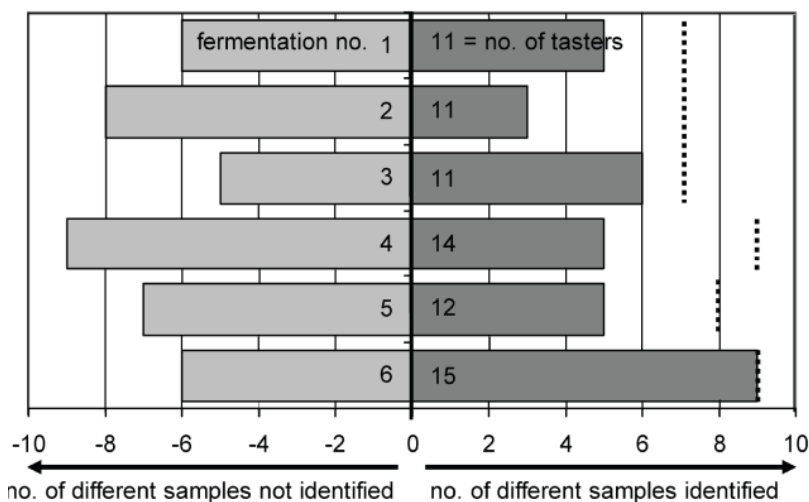


Рис. 3.1.5 Результати трикутного тесту професійних дегустаторів: ліва частина – відмінності не виявлені, права – відмінності виявлені

Як показано на Рис. 3.1.5 п'ять із шести зразків свіжого пива не були розрізнені професійними дегустаторами. Більшість дегустаторів не помітили

різниці між стандартною та каламутною фільтрацією у свіжому пиві, хоча кілька дегустаторів, які все ж відзначили різницю, переважно надавали перевагу пиву зі стандартного суслу.

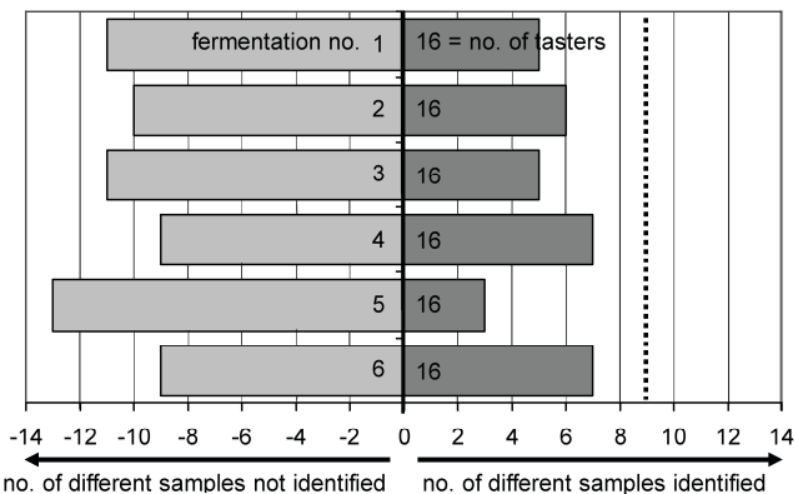


Рис. 3.1.6 Результати трикутного тесту непрофесійних дегустаторів: ліва частина – відмінності не виявлені, права – відмінності виявлені

Звичайні споживачі (непрофесійнали) не змогли значно розрізнити жодне з пив, незалежно від того, було воно свіжим чи зістареним рис. 3.1.6. Їхня здатність розрізнити пиво у трикутному тесті становила в середньому близько 30% і ніколи не перевищувала 44%. Серед тих, хто все ж міг відрізнити зразки, 55% надали перевагу стандартному пиву у випадку свіжих зразків.

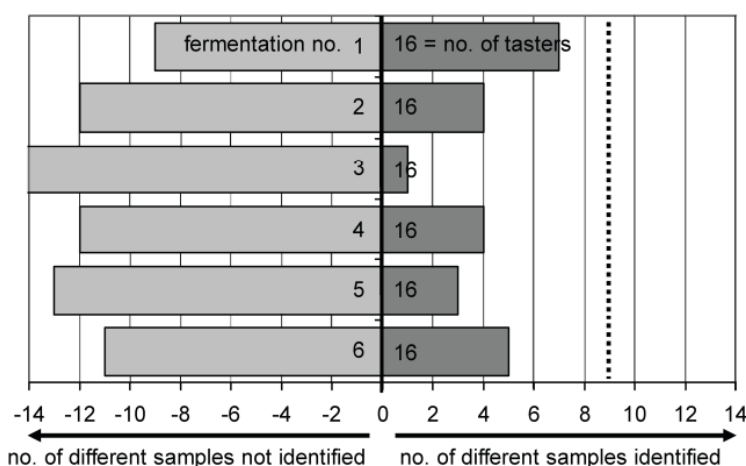


Рис. 3.1.6 Результати трикутного тесту непрофесійних дегустаторів: ліва частина – відмінності не виявлені, права – відмінності виявлені

Для зістареного пива ці дегустатори на дві третини віддавали перевагу стандартному пиву (рис. 15)

Сучасне пивоваріння допускає використання сусла з підвищеною каламутністю для нефільтрованих сортів пива, таких як Nazy IPA. Вимоги до прозорості для таких стилів стали менш жорсткими, а технології адаптуються до потреб виробників [3, 6, 28].

Попри переваги, каламутне сусло може спричиняти підвищене утворення поліфенолів і танінів, що впливають на стабільність пива, але ці ефекти не завжди критичні [4, 28].

### 3.2 Дослідження впливу висоти фільтраційного сита над рівням днища фільтраційного чану та кількості випускних отворів на параметри фільтрації

Основною проблемою під час фільтрації є нерівномірність екстракції сухих речовин, зменшення швидкості та імовірні зупинки фільтрації за рахунок закупорювання випускних отворів залишками зернової сировини. Утворення зон нерівномірного тиску призводить до виникнення ефекту затягування нижнього фільтраційного шару дробини під сита, що призводить до нерівномірного стікання сусла, створення локального ущільнення фільтраційного шару так призводить до нерівномірного потоку сусла крізь фільтраційний шар, що у свою чергу зменшує екстрактивність.

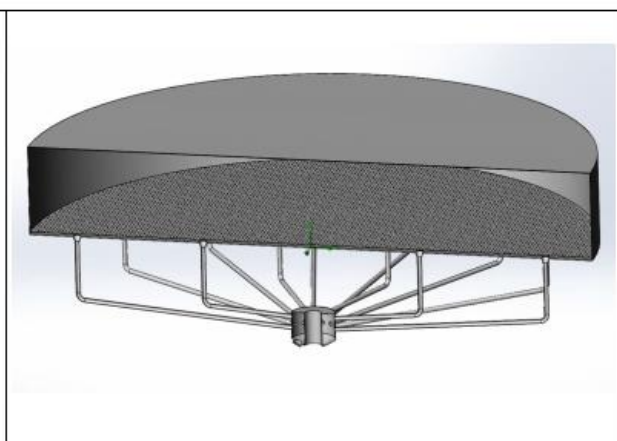
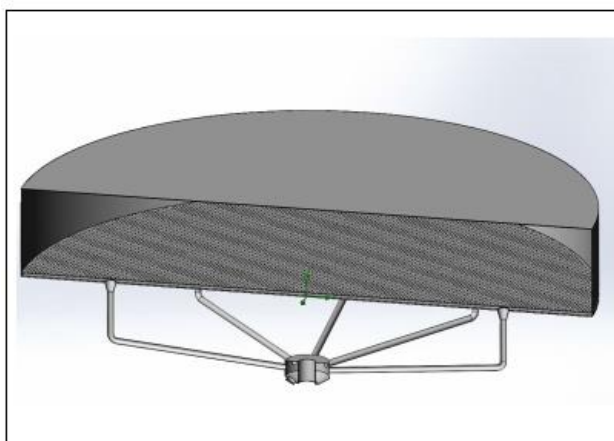


Рис. 3.2.1 Модель сит фільтраційного чану: висота сит 25 мм, кількість випускних патрубків – 8, діаметр горловини

Рис. 3.2.2 Модель сит фільтраційного чану: висота сит 16 мм, кількість випускних патрубків – 20, діаметр горловини

випускного патрубку – 100 мм, діаметр випускного патрубку – 76 мм, діаметр патрубку – 50 мм.

Моделювання сит виконано у САПР SolidWorks та перевірено їх роботу у модулі SolidWorks Flow Simulation рис. 3.2.1 та рис. 3.2.2. Розглянуто два варіанти днищ фільтраційних чанів: висота сит над днищем 25 та 16 мм, швидкість фільтрації 160 гл/год, кількість випускних отворів 8 та 20 відповідно, діаметр випускних отворів 100 та 76 мм, діаметр фільтраційного чана 5 м, площа фільтрації 16 % від загальної площі фільтраційного чану.

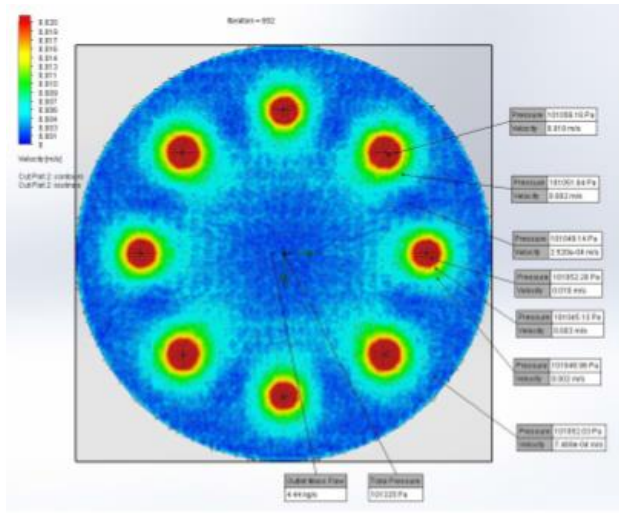


Рис. 3.2.3 Розподілення швидкості потоку суслу на відстані 1 мм від днища : висота сит 25 мм, кількість випускних патрубків – 8, діаметр горловини випускного патрубку – 100 мм, діаметр патрубку – 50 мм.

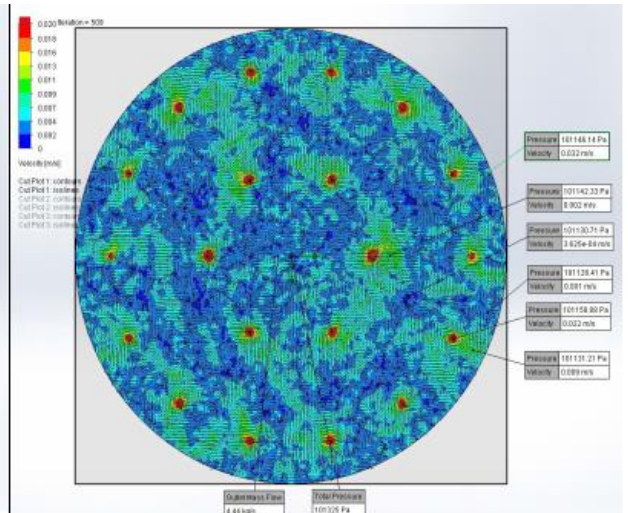


Рис. 3.2.4 Розподілення швидкості потоку суслу на відстані 1 мм від днища: висота сит 16 мм, кількість випускних патрубків – 20, діаметр горловини випускного патрубку – 76 мм, діаметр патрубку – 38 мм.

З рисунків 3.2.3. та рис. 3.2.4 видно, що для сит висотою 25 мм з 8 випускними отворами спостерігається більш рівномірне розподілення швидкості потоку суслу, відсутні зони застою, що в свою чергу зменшує імовірність осадження дрібних часточок затору та закупорюванню підситового простору. Висота сита 25 мм міліметрів фактично має в 1,56 рази більший просвіт, що додатково зменшує імовірність закупорювання підситового простору та сприяє вільному витіканню суслу.

Комп'ютерне моделювання показало, що зменшення кількості випускних отворів призводить до більш рівномірного витоку суслу із

фільтраційного чану усуваються зони застою рідини рис.3.2.3, в яких швидкість потоку може падати практично до нуля, сині плями рис.3.2.4.

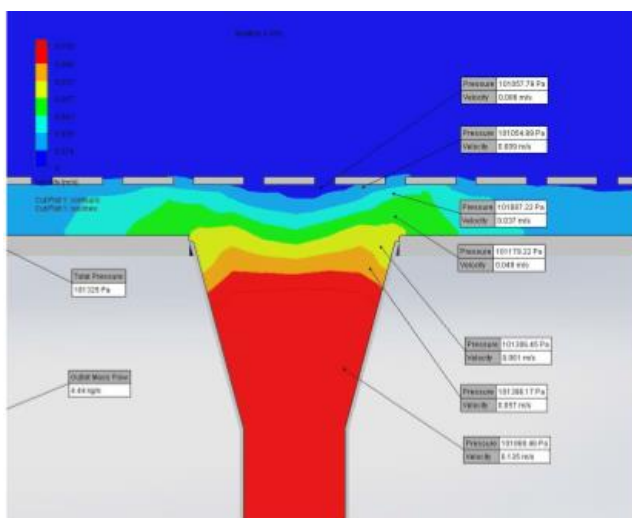


Рис. 3.2.5 Розподілення швидкості потоку над випускним отвором : висота сит 25 мм, кількість випускних патрубків – 8, діаметр горловини випускного патрубкa – 100 мм, діаметр патрубкa – 50 мм.

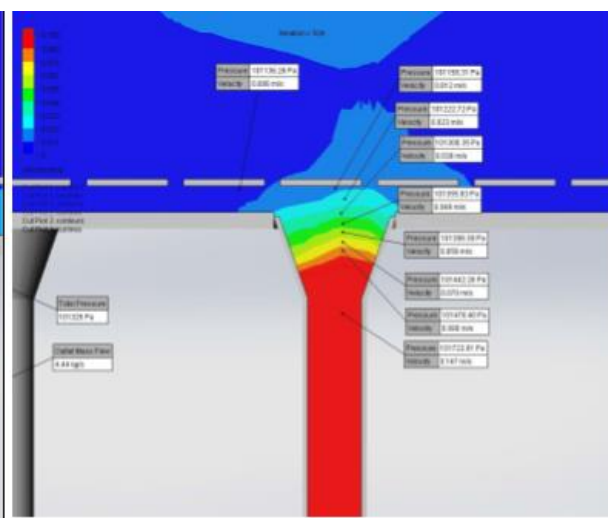


Рис. 3.2.6 Розподілення швидкості потоку над випускним отвором: висота сит 16 мм, кількість випускних патрубків – 20, діаметр горловини випускного патрубкa – 76 мм, діаметр патрубкa – 38 мм.

Більш рівномірне розподілення тисків та швидкостей потоку рідини в зоні над випускним отвором у випадку меншої кількості отворів рис.3.2.5. Збільшення швидкості та створення більшого потоку безпосередньо над випускним отвором у випадку більшої кількості отворів рис.3.2.6. Крім того аналіз показав, що підйом сита на висоту 25 мм і більше зменшує імовірність захоплення нижнього шару дробини, що безпосередньо лежить на ситах.

На основі проведеного комп'ютерного моделювання було встановлено, що оптимальною з точки зору роботи обладнання є висота підйому сит над днищем в межах 20-25 мм. Яке забезпечує рівномірну швидкість потоку рідини по всій поверхні зверху та знизу, що примикає до сит. Наявність рівномірної швидкості по всій поверхні призводить до рівномірної екстрактивності по всьому шару дробини. Подальше збільшення висоти підйому є недоцільним так як збільшується підситовий простір, що потребує більшої кількості гарячої води на початку процесу фільтрації. Зменшення кількості фільтраційних отворів призводить до збільшення

швидкості придонного шару рідини, що зменшує імовірність утворення зон накопичення зернової сировини, які унеможливають протік рідини і призводять до нерівномірного виходу екстракту. Кількість спускних отворів та їх діаметри варто вибирати виходячи з технологічних можливостей виготовлення обладнання, а саме розміщення достатньої кількості отворів між існуючими несучими конструкціями фільтраційного чана. Менша кількість випускних отворів збільшує швидкість потоку у випускних патрубках, що в свою чергу зменшує імовірність її закупорювання та покращує якість миття.

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

#### 4.1. Технологічний розрахунок

Відповідно до схеми матеріальних потоків в фільтраційному апараті, складаємо рівняння матеріального балансу по апарату:

$$З + В = С + Д + П;$$

де З – загальна маса затору, що подається з заторного чана;

В – кількість гарячої води, що подається для промивання дробини;

С – загальна маса сусла, що відводиться в суслотоварильний котел;

Д – маса вологої дробини, що видаляється з апарату;

П – кількість води, що випаровується з поверхні рідини;

М – мутне сусло, що повертається в фільтраційний апарат.

Загальну масу затору, що надходить із заторного апарата визначаємо з умови, що на затирання 100 кг зернопродуктів іде 350 – 400 л води:

$$З = (5 \div 6)G = 5 \cdot 3600 = 18000 \text{ (кг)},$$

де G – кількість зернопродуктів, що йде на затирання, кг

Загальний об'єм затору, що надходить до фільтраційного апарату:

$$V_z = Z / \rho = 18000 / 1081 = 16,5 \text{ (м}^3\text{)},$$

де  $\rho$  – густина заторної маси (при температурі 70 – 80 °С  $\rho = 1081 \text{ кг/м}^3$ ).

При затиранні зернопродуктів екстрактивністю  $E = 75 \%$  з витратою води на 100 кг зернопродуктів  $W = 400 \text{ л}$  концентрація першого сусла буде:

$$X = 100 \cdot E / (E + W) = 100 \cdot 75 / (75 + 400) = 15,8 \%$$

Загальну масу дробини, що видаляється з фільтраційного апарата визначаємо з умови, що вихід дробини вологістю 85 – 95 % із 100 кг зернопродуктів складає 125 – 130 кг:

$$Д = (1,8 \div 2,2)G = 2,2 \cdot 3600 = 8000 \text{ (кг)}.$$

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Якимчук М.В.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Блохін Є.В.	Назва, додаткова назва <b>РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА</b>		<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш <b>43</b>

Загальна маса сусла  $C$ , що стікає стікає в сушварильний апарат складається з першого сусла  $C_1$  і промивних вод  $V$  і може бути знайдена з умови, що вихід гарячого сусла концентрацією 11 % в сушварильному апараті складає 64,06 дал. на 100 кг зернопродуктів, тоді загальна маса гарячого сусла в сушварильному апараті:

$$M_{гс} = 6,406 \cdot G = 6,12 \cdot 3600 = 22000 \text{ (кг)}.$$

Враховуючи, що в сушварильному котлі випарюється  $V = 2,5 \div 4$  % води від загального об'єму сусла, тоді загальна маса сусла, що надходить до сушварильного апарата з фільтраційного апарата:

$$C = M_{гс} \cdot 100 / (100 - V) = 22000 \cdot 100 / (100 - 4) = 22900 \text{ (кг)}.$$

Нехтуючи втратами води  $\Pi$ , що випаровується, кількість води для промивання дробини:

$$B = C + D - 3 = 22900 + 8000 - 14400 = 16500 \text{ (кг)}.$$

При виході 180 л сирої дробини на 100 кг зернопродуктів, загальний об'єм дробини в фільтраційному апараті:

$$V_{д} = 2 G / 1000 = 2 \cdot 3600 / 1000 = 7,2 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Внутрішній діаметр апарата за умови висоти шару дробини на ситах  $h = 30,5$  см :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{д}}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8}{3,14 \cdot 0,305}} = 5 \text{ м}.$$

Приймаємо  $D = 5$  м.

При діаметрі  $D$  поверхня фільтраційних сит:

$$F = \pi D^2 / 4 = 3,14 \cdot 5^2 / 4 = 19,625 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Для фільтраційного апарата приймаємо зварне сталеве ситчасте дно з профільних елементів, прохідна поверхня яких складає 16 % [7, с.264], тоді загальна прохідна площа сит:

$$F_n = 0,16F = 0,16 \cdot 19,625 = 3,14 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розраховуючи, що на  $2,5 \text{ м}^2$  днища чана приходиться одна фільтраційна трубка [2, с.266], то загальна кількість трубок, що приходиться на площу

19,625 м<sup>2</sup> складає 8 шт. За науково-дослідними даними внутрішній діаметр фільтраційний трубок приймаємо 36 мм, а відстань між днищем і ситами фільтраційного чана приймаємо 20 мм.

За дослідними даними рекомендовано приймати на 1 т затираємих зернопродуктів 7 ÷ 8 м<sup>3</sup> об'єму фільтраційного апарата, тоді загальний об'єм апарата:

$$Va = 8G / 1000 = 8 \cdot 3600 / 1000 = 28,8 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Приймаємо  $Va = 29 \text{ м}^3$

Висота циліндричної частини фільтраційного чана:

$$H = Va / F = 29 / 19,625 = 1,47 \text{ (м)}.$$

#### 4.2. Визначення висоти шару дробини

При оптимальній продуктивності варильного порядку висота шару дробини в існуючому фільтраційному апараті становить 40 см.

У встановлюваному фільтрувальному апараті висота шару дробини становитиме:

$$H_{\text{вст}} = (S_{\text{існ}} / S_{\text{вст}}) \cdot H_{\text{існ}} = (7,90 / 9,07) \cdot 40 = 34,8 \text{ см.}$$

де  $H_{\text{вст}}$  та  $H_{\text{існ}}$  — висота шару дробини відповідно у встановлюваному та існуючому фільтрувальних апаратах, см;

$S_{\text{існ}}$  та  $S_{\text{вст}}$  — площа поверхні сит відповідно у встановлюваному та існуючому фільтрувальних апаратах, м<sup>2</sup>.

Зменшення висоти шару дробини з одного боку веде до збільшення швидкості фільтрування суслу, а з іншого боку призводить до ймовірності засмокування тіста в шар дробини при нижчому фільтрувальному тиску, що в кінцевому результаті може навіть зменшити відтік освітленого суслу з апарату, в порівнянні з оптимальною висотою шару дробини.

Внутрішній діаметр апарата за умови висоти шару дробини на ситах

$H_{\text{сст}}=h = 34,8$  см :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Vd}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8}{3,14 \cdot 0,348}} = 5,4 \text{ м.}$$

де  $Vd$  – об'єм дробини в фільтраційному апараті;

Приймаємо  $D = 5$  м

При діаметрі  $D$  поверхня фільтраційних сит:

$$F = \pi D^2 / 4 = 3,14 \cdot 5^2 / 4 = 19,625 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Для фільтраційного апарата приймаємо зварне сталеве ситчасте дно з профільних елементів, прохідна поверхня яких складає 16 %, тоді загальна прохідна площа сит:

$$F_n = 0,18F = 0,18 \cdot 19,625 = 3,53 \text{ (м}^2\text{)}.$$

### 4.3. Розрахунок діаметру відвідного патрубка

В існуючому фільтрувальному апараті відведення суслу здійснюється через вісім відвідних трубок з кранами на кінці, з яких сусло стікає у піддон.

Встановлюваній фільтрувальний апарат має вісім відвідних трубок сусла з внутрішнім діаметром 50 мм. кожна, об'єднаних у загальний колектор, який має відвідний патрубок з внутрішнім діаметром 65 мм.

Загальна площа перерізу восьми відвідних трубок сусла становить:

$$S_8 = 8 \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 8 \cdot 3,14 \cdot 3,6^2 / 4 = 157 \text{ см}^2,$$

а відвідного патрубка:

$$S_{\text{п}} = 3,14 \cdot 5^2 / 4 = 33 \text{ см}^2.$$

Сусло з колектору подається на насос та спрямовується у збірник сусла.

#### 4.4. Розрахунок розпушувального механізму

Конструктивний розрахунок розпушувача полягає у знаходженні загального моменту, який діє на мішалку і дію його на небезпечний стик.(рис.4.3)

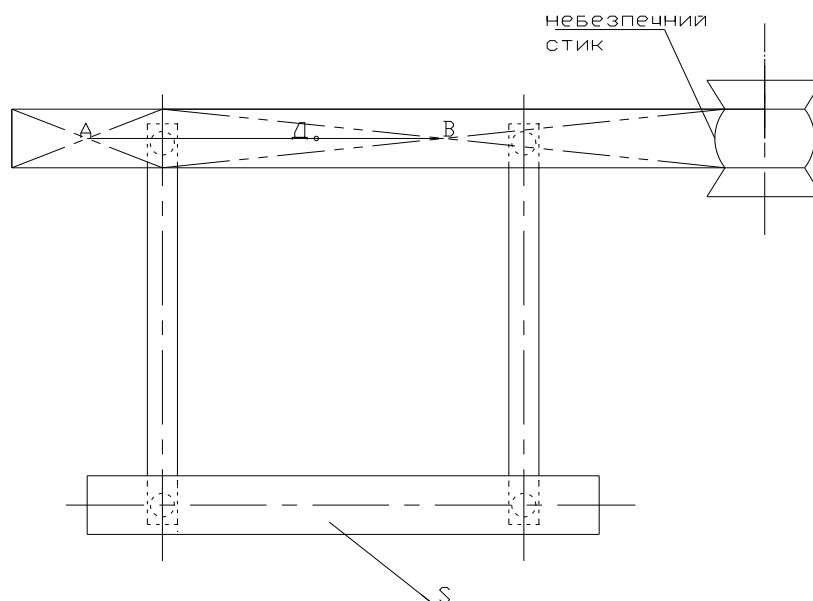


Рис.4.4.1 Ескіз лопаті розпушувача.

Момент знаходиться за такою формулою :

$$M = F \cdot l,$$

де  $M$  – момент, який діє на стик, Н·м;

$F$  – сила тиску дробини (дробини), Н;

$l$  – плече сили, м.

Сила тиску дробини визначається за формулою:

$$F = Q \cdot S,$$

де  $Q$  – сила дії дробини, Н/м<sup>2</sup>;

$S$  – площа робочої поверхні мішалки, м<sup>2</sup>.

Як видно з ескізу мішалка складається з одної робочої поверхні, яка має площу  $S$ . Для конструкції нашої мішалки буде загальна площа поверхні  $S$ , так як скребок має класичну прямокутну форму.

Знаходимо центр тяжіння мішалки, який знаходиться на лінії АВ.

Центр ваги точка Д зміщена до центру ваги робочої поверхні скребка з площею  $S$ .

Знаходимо плече дії сили маси дробини  $l$ . Від центру ваги скребка проводимо перпендикуляр до стику і це буде плече  $l = 1300$  мм.

Знаходимо силу тиску дробини:

$$Q = k \cdot p = k \cdot V \cdot \rho \cdot g,$$

де  $\rho$  – густина дробинної маси,  $\text{кг/м}^3$ ;

$V$  – об'єм дробини,  $\text{м}^3$ ;

$k$  – коефіцієнт тертя,  $K = 0,1 \div 0,2$

$$Q = 0,2 \cdot 28 \cdot 1033,9 \cdot 9,81 = 56798,3 \text{ кг.}$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h,$$

де  $h$  – робоча висота мішалки,  $h = 1,05$  м.

$$V = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 1,05 = 20,6 \text{ м}^3$$

Знаходимо силу тиску подрібненої маси ( дробини):

$$F = Q \cdot S$$

$$S = a \cdot b = 0,15 \cdot 2,5 = 0,375 \text{ м}^2.$$

$$F = 56798,3 \cdot 0,375 = 21299,4 \text{ Н.}$$

Знаходимо згинальний момент, який діє на небезпечний стик мішалки під час перемішування заторної маси:

$$M = 21299,4 \cdot 1,3 = 27689,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Момент опору лопасті визначаємо з умови міцності:

$$W = M \cdot z / [\sigma] = 27689,2 / 250 = 110,7 \cdot 10^{-6}$$

Для лопаті прямокутного перерізу:

$$W = \frac{b \cdot s^2}{6},$$

де  $b$  – ширина лопаті;  $s$  – товщина лопаті.  
звідки товщина скребка:

$$s = \sqrt{\frac{6 \cdot W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 110,7 \cdot 10^{-6}}{0,15}} \approx 0,06 \text{ м.}$$

#### 4.5. Розрахунок валу мішалки

Вал мішалки заторного апарату розраховують на кручення:

В нашому випадку крутний момент на валу мішалки буде рівним згинаючому моменту лопасті мішалки в небезпечному стику ( $M_{кр} = M_{зг}$ ).

Величину допустимого навантаження  $\tau$  для сталевих валів слід приймати не більше  $450 \text{ кгс/см}^2$ .

$$d = \sqrt[3]{\frac{27698,2}{0,2 \cdot 250 \cdot 10^6}} \approx 0,081 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр валу мішалки  $d = 90 \text{ мм}$ .

#### 4.6. Перевірочний розрахунок валу механізму розпушування на стійкість.

Перевіряємо запас міцності по границі стійкості в перерізі 2– 2. Концентрація напружень в цьому перерізі обумовлена пазом та посадкою шестерні на вал.

1. Визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині та крученні від шпонкового паза. По табл. 5.12 [ 9 ] для валу зі сталі, яка

має  $\sigma_B = 900 \text{ МПа}$ , зі шпонковим пазом, який виконано пальцевою фрезою,  $K_\sigma = 2,27, K_\tau = 2,17$ . Масштабний коефіцієнт при згині та крученні для валу зі сталі 12Х18Н10Т, діаметром  $d_1 = 90 \text{ мм}$  (табл. 5.16 – [ 9 ])  $\varepsilon_\sigma = \varepsilon_\tau = 0,75$  Коефіцієнт стану поверхні при шорсткості  $Ra = 2,5 \text{ мкм}$   $K_{\sigma II} = K_{\tau II} = 1,18$ . Ефективні коефіцієнти концентрації напружень для даного

перерізу валу при згині та крученні у випадку відсутності технологічного зміцнення:

$$K_{\sigma D} = \frac{K_{\sigma} + K_{\sigma}^{\Pi} - 1}{\varepsilon_{\sigma}} = \frac{2,27 + 1,18 - 1}{0,75} = 3,27;$$

$$K_{\tau D} = \frac{K_{\tau} + K_{\tau}^{\Pi} - 1}{\varepsilon_{\tau}} = \frac{2,17 + 1,18 - 1}{0,75} = 3,13$$

2. Визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині та крученні валу, обумовлені шестернею, яка насаджена на вал по посадці Н7/к6. По табл. 5.15 [ 9 ] при  $\sigma_B = 900\text{МПа}$  та  $d_1 = 90\text{мм}$ ,  $K_{\sigma D} = 3,27$  та  $K_{\tau D} = 3,13$ . Оскільки в перерізі 2 – 2, який ми перевіряємо два концентратори напружень, то при розрахунку враховуємо один з них — той, для якого  $K_{\sigma D}$  та  $K_{\tau D}$  найбільші, тобто приймаємо  $K_{\sigma D} = 3,45$  та  $K_{\tau D} = 3,2$ .

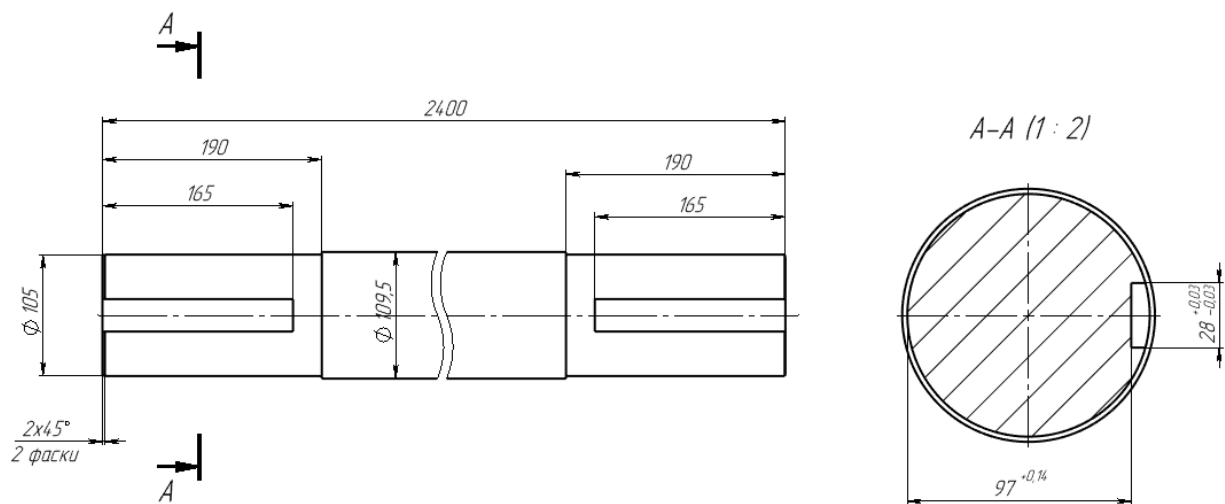
3. Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} = \frac{450}{3,45 \cdot 30} = 4,34,$$

де амплітуда номінальних напружень згину:

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{M_{u2-2}}{W_0} = \frac{1562 \cdot 10^3}{42000} = 37(\text{МПа}),$$

тут осьовий момент опору (табл. 5.9– [ 9 ]) при  $d_1 = 90\text{мм}$ ,  $W_0 = 42000 \text{ мм}^3$ .



**Рис. 4.6.1. Розрахункова схема валу.**

Знаходимо запас міцності для дотичних напружень. Попередньо визначаємо полюсний момент опору (табл. 5.9 – [ 9 ]) при  $d_1 = 90\text{мм}$ ,  $W_p = 89000\text{ мм}^3$ ; напруження кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{17600 \cdot 10^3}{89000} = 20(\text{МПа});$$

амплітуду та середнє значення номінальних напружень кручення:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{20}{2} = 10(\text{МПа}).$$

Запас міцності для дотичних напружень:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_{TD} \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} = \frac{250}{3,2 \cdot 10 + 0,1 \cdot 10} = 5,95.$$

Загальний запас міцності в перерізі 2–2:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{4,34 \cdot 5,95}{\sqrt{4,34^2 + 5,95^2}} = 3,5 > [n] = 1,8.$$

Перевіряємо запас міцності по границі міцності в перерізі 1– 1:

1. Визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині та крученні валу, які викликані посадкою внутрішнього кільця підшипника на вал. Для валу з діаметром  $d_2 = 90$  мм, виготовленого зі сталі 12Х18Н10Т, з тимчасовим опором розриву  $\sigma_s = 900$  МПа (табл. 5.15 – [ 9 ]),  $K_{\sigma D} = 4,6$  та  $K_{\tau D} = 3,26$ .

2. Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} = \frac{450}{4,6 \cdot 44,4} = 2,2,$$

де амплітуда номінальних напружень згину:

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{u2-2}}{W_0} = \frac{1740 \cdot 10^3}{0,1 d_2^3} = \frac{1740000}{0,1 \cdot 80^3} = 40 \text{ (МПа)},$$

3. Визначаємо запас міцності для дотичних напружень:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} = \frac{250}{3,26 \cdot 11,43 + 0,1 \cdot 11,43} = 6,5.$$

тут напруження кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{T}{0,2 d_2^3} = \frac{1760 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 80^3} = 17,2 \text{ (МПа)};$$

амплітуду та середнє значення номінальних напружень кручення:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{17,2}{2} = 8,6 \text{ (МПа)}.$$

4. Загальний запас міцності в перерізі 1– 1:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{2,2 \cdot 6,5}{\sqrt{2,2^2 + 6,5^2}} = 2,08 > [n] = 1,8.$$

Перевіряємо запас міцності по границі витривалості в перерізі 3–3.  
Концентрація напружень в цьому перерізі обумовлена галтельним переходом від діаметру  $d_2 = 110\text{мм}$  до діаметру  $d_3 = 90\text{мм}$ .

При  $d_2 = 110\text{ мм}$  ,  $d_3 = 80\text{ мм}$  та  $r = 2,5\text{ мм}$  визначаємо співвідношення:

$$\frac{h}{r} = \frac{2,5}{2,5} = 1, \quad \frac{r}{d_3} = \frac{2,5}{80} = 0,03$$

та знаходимо (інтерполюванням) ефективні коефіцієнти концентрації напружень в галтелі при згині та крученні  $K_\sigma = 1,8, K_\tau = 1,5$  Масштабний фактор при згині та крученні для діаметру вала  $d_3 = 80\text{ мм}$

(табл.5.16 – [ 9 ])

$\varepsilon_\sigma = \varepsilon_\tau = 0,75$  Коефіцієнт стану поверхні при шорсткості галтелі  $R_a = 2,5\text{ мкм}$  (табл. 5.14 – [ 9 ])  $K_\sigma^\Pi = K_\tau^\Pi = 1,15$

Ефективні коефіцієнти концентрації напружень для даного перерізу валу при відсутності технологічного ущільнювача:

$$K_{\sigma D} = \frac{K_\sigma + K_\sigma^\Pi - 1}{\varepsilon_\sigma} = \frac{1,8 + 1,15 - 1}{0,75} = 2,6;$$

$$K_{\tau D} = \frac{K_\tau + K_\tau^\Pi - 1}{\varepsilon_\tau} = \frac{1,52 + 1,15 - 1}{0,75} = 2,2.$$

Амплітуда номінальних напружень згину:

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{\text{III-III}}}{W_0} = \frac{1725 \cdot 10^3}{0,1 d_3^3} = \frac{1725000}{0,1 \cdot 80^3} = 34(\text{МПа}),$$

Номінальне напруження кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{T}{0,2 d_3^3} = \frac{1760 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 80^3} = 22,6(\text{МПа});$$

Амплітуда та середнє значення номінальних напружень кручення:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{22,6}{2} = 11,3(\text{МПа}).$$

2. Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{450}{2,6 \cdot 34} = 5,0.$$

3. Визначаємо запас міцності для дотичних напружень:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} = \frac{250}{2,2 \cdot 11,3 + 0,1 \cdot 11,3} = 9,62.$$

4. Загальний запас міцності в перерізі 3-3:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{5 \cdot 9,62}{\sqrt{5^2 + 9,62^2}} = 4,43 > [n] = 1,8.$$

#### 4.7. Розрахунок циліндричної обичайки:

Товщину стінки циліндричної обичайки, працюючий під внутрішнім тиском, знаходиться за формулою:

$$Sr = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \Psi p - p}$$

$$S \geq Sr + c$$

де  $Sr$  — розрахункова товщина стінки обичайки (корпусу)

$p=0,15$  МПа – розрахунковий внутрішній тиск ,

$D = 5000$  мм — внутрішній діаметр обичайки,

$[\sigma] = 250$  МПа — допустиме напруження матеріалу корпусу при розрахунковій температурі ,

$c$  — прибавка для розрахункових товщин,

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

$c_1$ - прибавка для компенсації корозії і ерозії, виходячи із проникності матеріалу 0,1 мм/рік і розрахункового строку служби 10 років , приймаємо  $c_1 = 1$ мм;

$c_2$  — прибавка для компенсації мінусового допуску , приймаємо  $c_2 = 0,15$ мм

$c_3$ - прибавка технологічна, приймаємо  $c_3 = 0,05$ ;

$$c = 1 + 0,15 + 0,05 = 1,2 \text{ мм}$$

$$S_r = \frac{0,15 \cdot 5000}{2 \cdot 250 \cdot 0,9 - 0,15} = 1,67 \text{ мм}$$

$$S \geq 1,67 + 1,2 = 2,82 \text{ мм.}$$

Товщину стінки циліндричної обичайки приймаємо 3 мм.

Допустимий внутрішній тиск при випаровуванні знаходимо за формулою:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \Psi p \cdot (S - c)}{D + (S - c)};$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 250 \cdot 0,9 \cdot (3 - 1,2)}{5000 + (3 - 1,2)} = 0,16 \text{ МПа}$$

#### 4.8. Розрахунок фільтруючого днища апарату.

Товщина стінки фільтруючого днища знаходиться за формулою:

$$S_{1r} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \Psi[\sigma - 0,5 \cdot p]}$$

$$S_1 > S_{1r+c}$$

де  $D=R=5000$  мм – радіус кривизни або діаметр апарата.

$$S_{1r} = \frac{0,15 \cdot 5000}{2 \cdot 0,9 \cdot [250 - 0,5 \cdot 0,15]} = 1,7 \text{ мм}$$

$$S_1 = 1,7 + 1,2 = 2,9 \text{ мм}$$

Товщину стінки днища приймаємо рівною 5 мм.

Допустимий внутрішній тиск при випаровуванні знаходимо за формулою:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \Psi \cdot (S - c)}{D + 0,5 \cdot (S - c)};$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 250 \cdot 0,9 \cdot (3 - 1,2)}{5000 + 0,5 \cdot (3 - 1,2)} = 0,97 \text{ МПа}$$

#### 4.9. Гідравлічний розрахунок

При роботі фільтраційного апарата в режимі 16 варок за добу необхідно забезпечити час закачування затору в апарат  $\tau = 10$  хв.

Визначаємо необхідну подачу затору:

$$Q = V_z / 60\tau = 13,3 / 60 \cdot 5 = 110 \text{ (м}^3/\text{год)},$$

де  $V_z$  — загальний об'єм затору, що закачується до фільтраційного апарату.

Знайдемо середню швидкість потоку фільтрату (сусла і промивних вод) через фільтраційні трубки:

$$v_c = 4 \cdot Q / 3600 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot z = 4 \cdot 1,1 / 3600 \cdot 3,14 \cdot 0,036^2 \cdot 10 = 0,3 \text{ (м/с)},$$

де  $Q$  - середня годинна подача насосів, м<sup>3</sup>/год;

$d$  - прохідний діаметр фільтраційної трубки, м;

$z$  - кількість фільтраційних трубок.

Враховуючи, що необхідна подача насосів після проведення модернізації лежить в межах роботи діючих насосів, то для фільтраційної системи апарата залишаємо два відцентрових насоси GHI-196825 фірми GEA (рис.5.1), у яких:

Подача на воді — 110 м<sup>3</sup>/год;

Напір - 14 м;

Потужність електродвигуна — 11 кВт;

Частота обертання вала електродвигуна — 1450 об/хв.

Для зміни подачі електродвигуни насосів обладнані частотними перетворювачами.

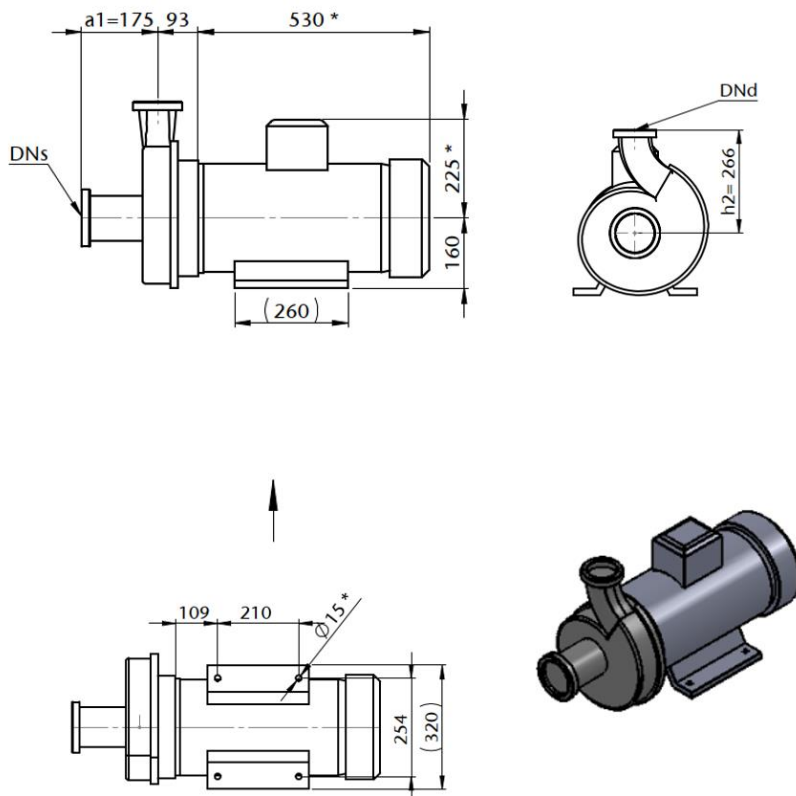


Рис.4.9.1. Відцентровий насос GEA GHI-196825

## РОЗДІЛ 5

### ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

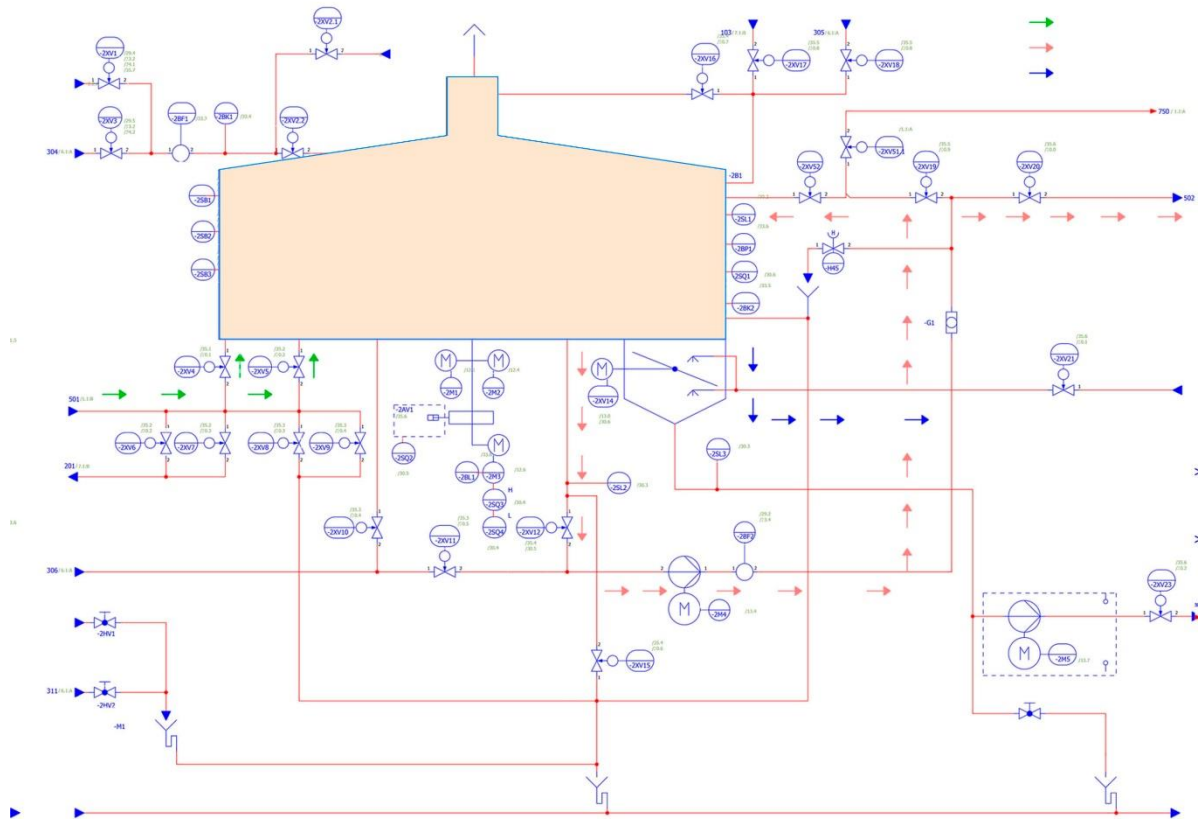


Рис.5.1 Схема автоматизації фільтраційного чану

#### 1. Контроль параметрів технологічного процесу

Для забезпечення стабільності роботи фільтраційного чану необхідно автоматично контролювати ключові параметри процесу:

- температура сусли та промивної води: встановлення датчиків температури в точках входу та виходу для підтримки оптимального температурного режиму;
- рівень рідини в чані: використання ультразвукових або ємкісних

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Якимчук М.В.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Блохін Є.В.	Назва, додаткова назва <b>ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ</b>	<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш <b>58</b>

- датчиків, витратомірів для уникнення переливів або недостатньої кількості рідини;
- тиск у підситовому просторі: застосування датчиків тиску для моніторингу навантаження на фільтраційний шар;
- прозорість фільтрату: встановлення мутномірів для визначення ступеня освітленості вихідного сусла;
- швидкість фільтрації: контроль об'ємної витрати сусла через лічильники потоку.

## 2. Автоматичне регулювання робочих режимів:

- регулювання відкачки сусла: встановлення пропорційно-регульованих клапанів, які працюють по показниках диференційного тиску на фільтраційному шарі, для плавної перекачки для унеможливлення ущільнення фільтраційного шару дробини;
- промивання дробини: подача промивної води по показниках витратомірів, регулювання температури за допомогою регулюючих клапанів та датчиків температури;
- рециркуляція: контроль швидкості зворотної перекачки сусла за рахунок регулюючих клапанів, датчиків тиску, контроль прозорості сусла за рахунок датчиків мутності.

## 3. Впровадження адаптивних алгоритмів управління:

- динамічна оптимізація: використання PID регуляторів (пропорційно-інтегрально-диференційного регулювання) для плавного коригування параметрів залежно від змін у процесі.
- ідентифікація збоїв: інтеграція системи самодіагностики для виявлення потенційних проблем, таких як забивання підситового простору, вихід з ладу систем управління та решт;
- розумна рециркуляція та фільтрація: визначення оптимальної швидкості рециркуляції та фільтрації на основі вимірів прозорості фільтрату та диференційного тиску на фільтраційному днище

#### 4. Синхронізація з іншими етапами виробництва:

- підключення до системи управління заводом (SCADA): синхронізація з іншими процесами, такими як затирання, кип'ятіння суслу та подальша ферментація;
- автоматичне планування: інтеграція системи планування для забезпечення точного завантаження та своєчасного постачання сировини;
- координація з промивною системою: узгодження швидкості подачі промивної води з основним фільтраційним процесом.

#### 5. Підвищення ефективності фільтрації:

- використання систем подачі інертного газу: інтеграція системи подачі азоту для підтримки пористості фільтраційного шару та прискорення видалення дрібнодисперсних частинок;
- оптимізація часу: впровадження алгоритмів мінімізації тривалості формування фільтраційного шару, основної фільтрації та промивання дробини.
- профілактика злежування дробини: забезпечення рівномірного розподілу суслу через перфоровану поверхню чана.

## 6. Енергоефективність і економічність:

- енергозбереження: використання частотних перетворювачів для насосів, що дозволяє регулювати їхню потужність залежно від потреб процесу;
- зниження втрат суслу: точне управління системою вивантаження дробини для мінімізації залишків суслу у відходах;
- автоматизація промивання: використання автоматизованих систем СІР (Cleaning in Place) для зниження витрат води та миючих засобів.

## 7. Безпека та екологічність:

- моніторинг аварійних параметрів: встановлення датчиків тиску та температури з автоматичним сповіщенням оператора.
- захист навколишнього середовища: зменшення кількості стоків за рахунок збору залишків виробництва у ємності збору трубу та останньої промивної води, для подальшого використання у виробництві.
- попередження аварій: автоматичне відключення системи у разі перевищення критичних значень параметрів.
- система аварійного блокування: вимкнення обладнання під час проведення операцій по обслуговуванню.

## 8. Зручність обслуговування та експлуатації

- Інтерактивний інтерфейс: Забезпечення зручного інтерфейсу для операторів із можливістю перегляду стану всіх процесів у режимі реального часу.
- Автоматичне очищення: Система автоматичного очищення підситового простору та стінок чана для підтримки його продуктивності.

- Швидка налаштовуваність: Можливість переналаштування параметрів через програмований контролер без зупинки виробництва.

## 9. Інтеграція з сучасними технологіями

- Накопичення даних: Запис і зберігання параметрів процесу для подальшого аналізу та оптимізації.
- Віддалене управління: Забезпечення можливості керування та моніторингу процесу через мобільні пристрої.

Таблиця 5.1

Параметри системи автоматизації

№	Етап роботи	Контрольований параметр	Датчики для контролю параметрів	Система автоматизації
1.	Заповнення підситового простору водою	Тиск води, кількість води, температура води	Датчик тиску, витратомір, датчик температури	Контроль: тиск, кількість, температура; Регулювання: подача води
2.	Перекачка затору у фільтраційний чан	Частота частотного перетворювача, рівень затору, об'єм затору	Частотний перетворювач, датчик верхнього рівня, датчик тиску	Контроль: рівень, об'єм; Регулювання: частота насоса
3.	Формування фільтраційного шару (рециркуляція)	Швидкість потоку рециркуляції, мутність суспензії, тиск над ситами, тиск під ситами	Витратомір, датчик мутності, датчики тиску (над і під ситами), датчик сухого ходу насоса	Контроль: швидкість, мутність, тиск; Регулювання: потік суспензії
4.	Основна фільтрація та спуск першого суспензії	Швидкість потоку суспензії, мутність, тиск над ситами, тиск під ситами, об'єм суспензії, сигнал готовності від збірника суспензії, контроль густини першого суспензії	Витратомір, датчик мутності, датчик густини, датчики тиску (над і під ситами), датчик сухого ходу насоса	Контроль: густина, швидкість, мутність, тиск, об'єм; Регулювання: потік суспензії

<b>№</b>	<b>Етап роботи</b>	<b>Контрольований параметр</b>	<b>Датчики для контролю параметрів</b>	<b>Система автоматизації</b>
5.	Промивання дробини гарячою водою	Об'єм промивної води, температура води, швидкість потоку сусли, мутність, тиск над ситами, тиск під ситами	Витратомір, датчик температури, датчик мутності, датчик густини, датчики тиску, датчик сухого ходу насоса	Контроль: густина, об'єм, температура, тиск; Регулювання: подача промивної води
6.	Завершення промивання	Об'єм промивної води, температура води, швидкість потоку сусли, мутність, тиск над ситами, тиск під ситами	Витратомір, датчик температури, датчик мутності, датчики тиску, датчик сухого ходу насоса	Контроль: об'єм, температура, тиск; Регулювання: потік сусли
7.	Прийом трубу	Сигнал завершення із системи збору трубу трубу		Контроль
8.	Вивантаження дробини	Стан насоса вивантаження дробини, сигнал готовності із системи утилізації дробини	Датчик сухого ходу насоса	Контроль: стан насоса; Регулювання: запуск/зупинка насоса

## РОЗДІЛ 6

### ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

#### 6.1. Оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє техногенне середовище

Негативного впливу від реалізації планованої діяльності на промислові, житлово-цивільні і сільськогосподарські об'єкти, наземні та підземні споруди, соціальну організацію території, пам'ятки культури, архітектури, історії та інші елементи не передбачається, так як вони розташовані поза зоною впливу проектного об'єкту.

Під час експлуатації проектного об'єкту передбачено дотримання всіх чинних нормативних вимог та виконання заходів для попередження виникнення аварійних ситуацій.

Всі рішення закладені в проекті та подальша експлуатація проектного об'єкта виконуються згідно вимог чинного законодавства України з дотриманням законів та нормативних вимог. **12 ОЦІНКА ВПЛИВІВ ПЛАНОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ СОЦІАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ**

Негативного впливу на стан здоров'я чи захворюваність, а також погіршення умов життєдіяльності місцевого населення не передбачається. Всі можливі ризики проектного діяльності на соціальне середовище та здоров'я населення оцінюються як прийнятні.

Негативного впливу на стан здоров'я чи захворюваність, а також погіршення умов життєдіяльності місцевого населення не передбачається. Згідно проведених розрахунків всі викиди забруднюючих речовин на території проектного об'єкта та за його межами є менші за нормативні вимоги (ГДК<sub>н.п.</sub>) - відповідно не призводять до утворення незворотних негативних наслідків. Всі можливі ризики проектного діяльності на соціальне середовище та здоров'я населення оцінюються як прийнятні.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Якимчук М.В.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Блохін Є.В.	Назва, додаткова назва <b>ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ</b>	<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 64

По завершенню реалізації планової діяльності відбудуться наступні позитивні екологічні, санітарно-епідеміологічні, соціальні і економічні явища:

- розширення існуючого підприємства із влаштуванням нового виробничого цеху для забезпечення потреб споживача в якісній товарній продукції;

- в зв'язку з розширенням масштабів виробництва впроваджено систему безвідходних технологій, скорочення втрат на всіх стадіях технологічного процесу, включаючи зберігання сировини і реалізацію готової продукції, економія споживаної електроенергії, а також з удосконаленням класичних конструкцій устаткування, завдяки проектним рішенням завдяки новому устаткуванню і обладнанню передбачається збільшення випуск продукції і зниження витрат теплової енергії в пивоварному виробництві підприємства.

- сприяння розвитку промисловості а отже і економіки району;

- створення нових робочих місць, що в свою чергу сприятиме покращенню зайнятості місцевого населення.

## **6.2 Заходи щодо захисту повітряного середовища та боротьби з шумом й іншими негативними фізичними впливами**

### **Впливи на атмосферне повітря**

Протягом періоду виконання будівельно-монтажних робіт організовані джерела викидів забруднюючих речовин відсутні. Будуть діяти тимчасові нестационарні та неорганізовані джерела викидів в атмосферу.

Таблиця 6.2.1 Характеристика забруднюючих речовин, що містяться у викидах

№ з/п	Код	Назва забруднюючої речовини	Переважаючий агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпеки	ГДК, мг/м <sup>3</sup>

№ з/п	Код	Назва забруднюючої речовини	Переважаючий агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпеки	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
1	123	Оксид заліза (III)	а	3	0,4
2	143	Марганець та його сполуки	а	2	0,01
3	301	Азоту діоксид	п	3	0,2
4	337	Вуглецю оксид	п	4	5
5	410	Метан	п	4	50
6	275 4	Вуглеводні граничні	п	4	1,0
7	290 2	Тверді суспендовані частинки недиференційовані за складом (пил)	а	3	0,5

Під час будівництва будуть наявні викиди в атмосферне повітря:

1) Викид забруднюючих речовин, що утворюються під час спалювання палива в двигунах внутрішнього згорання будівельного автотранспорту та спецтехніки, що буде залучена у виконання будівельних робіт. Викиди (вихлопні гази) будуть містити забруднюючі речовини: оксиди азоту, оксид вуглецю та граничні вуглеводні.

2) Неорганізовані викиди шкідливих газів, що будуть виділятися під час зварних робіт і міститимуть такі забруднюючі речовини – заліза оксид (III), марганцю оксид (IV), оксид силіцію та оксид титану.

3) Неорганізовані викиди пилу абразивно-металічного, що буде виділятися під час роботи станків та машин для механічної обробки металів (шліфування, свердління, різання).

4) Неорганізовані викиди твердих суспендованих частинок недиференційованих за складом (пил) під час переміщення ґрунтів та пилячих будівельних матеріалів і будівельних відходів за допомогою спецтехніки (екскаватор, бульдозер та ін.).

Всі коефіцієнти приймаються згідно табличних даних відповідних методик відносно заданих характеристик технологічного процесу

будівництва. Виробничі потужності та години роботи джерел на викид приймаються згідно розділу ПОБ.

### **Розрахунок величин викидів забруднюючих речовин**

#### **1) Розрахунок величин викидів від двигунів автотранспорту та спецтехніки**

Розрахунок викидів забруднюючих речовин у повітря від двигунів внутрішнього згорання автомашин виконаний згідно РД 238 УССР 84001-106-89. Київ, 1989 «Установление допустимых выбросов веществ в атмосферу предприятиями Минтранса УССР».

Розрахунок величин викидів від одної одиниці авто:

1) для автомобілів з карбюраторним двигуном:

$$C_{CO} = 15 \times (0,6 + 0,8 \times 2,2) \times \frac{6 \times 2}{100 \times 60} = 0,00708 \text{ кг/год або } 0,00197 \text{ г/с}$$

$$C_{\text{Вугл.}} = 15 \times (0,6 + 0,8 \times 2,2) \times \frac{0,1 \times 2}{100 \times 60} = 0,0012 \text{ кг/год або } 0,00033 \text{ г/с}$$

2) для автомобілів з дизельним двигуном:

$$C_{\text{NOx}} = (160 + 13,5 \times 1,8) \times \frac{0,05 \times 2}{100 \times 60} = 0,00307 \text{ кг/год або } 0,00085 \text{ г/с}$$

$$C_{CO} = (160 + 13,5 \times 1,8) \times \frac{0,07 \times 2}{100 \times 60} = 0,00430 \text{ кг/год або } 0,00120 \text{ г/с}$$

$$C_{\text{Вугл.}} = (160 + 13,5 \times 1,8) \times \frac{0,007 \times 2}{100 \times 60} = 0,00043 \text{ кг/год або } 0,00012 \text{ г/с}$$

Сумарні величини викидів від обох видів авто будуть становити:

$$C_{\text{NOx}} = 0,00085 \text{ г/с}$$

$$C_{CO} = 0,00120 + 0,00120 = 0,0032 \text{ г/с}$$

$$C_{\text{Вугл.}} = 0,00033 + 0,00012 = 0,00045 \text{ г/с}$$

На майданчику будівництва в середньому перебуватиме до 5-10 одиниць авто:

$$C_{\text{NOx}} = 0,0085 \text{ г/с}$$

$$C_{CO} = 0,0320 \text{ г/с}$$

$$C_{\text{Вугл.}} = 0,0045 \text{ г/с}$$

Валові річні величини викидів складуть:

$$C_{\text{NOx}} = 0,0085 \text{ г/с} \times 3600 \times 1680 / 1000000 = 0,0514 \text{ т}$$

$$C_{CO} = 0,0320 \text{ г/с} \times 3600 \times 1680 / 1000000 = 0,1936 \text{ т}$$

$$C_{\text{Вулг}} = 0,0045 \text{ г/с} \times 3600 \times 1680 / 1000000 = 0,0272 \text{ т}$$

## 2) Розрахунок викидів під час зварних робіт

Валові викиди забруднюючих речовин, що утворюються під час виконання зварних робіт, визначалися розрахунково-балансовим методом згідно методики «Зварні роботи. Збірник показників емісії забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами», том 1, Донецьк 2004 р.

Загальна кількість використаних електродів складає - 700 кг.

Таблиця 6.2.2 Величини викидів під час зварних робіт від використання зварних матеріалів протягом всього терміну будівництва

Забруднююча речовина (ЗР)	Кількість ЗР, що виділяються на 1 кг використаних зварних матеріалів, г/кг	Величини викидів забруднюючих речовин, т
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,00	0,0042
MnO <sub>2</sub>	1,63	0,0011
SiO <sub>2</sub>	1,77	0,0012
TiO <sub>2</sub>	0,49	0,0003

## 3) Розрахунок викидів під час механічної обробки металів

Величини викидів пилу абразивно-металічного визначалися розрахунково-балансовим методом згідно методичних рекомендацій «Механическая обработка металлов. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами», том 2, Донецьк 2004 р.

Питомі викиди пилу абразивно-металічного приймаються згідно довідкових (табличних) даних методики.

Таблиця 6.2.3 Розрахунок викидів пилу під час обробки металів

Вид робіт	Кількість годин роботи металообробного обладнання	Питомі викиди пилу абразивно-металічного, г/сек	Величини викидів забруднюючих речовин, т
Шліфування	70	0,043	0,0108
Свердлення	45	0,0004	0,0001
Різка металу	50	0,006	0,0011
<b>Сумарний викид пилу абразивно-металічного, т</b>			<b>0,012 т</b>

#### 4) Розрахунок величин викидів пилу

Орієнтовні викиди забруднюючих речовин, що утворюються під час переєксквації ґрунтів та пилячих будівельних матеріалів за допомогою спецтехніки були порашовані згідно «Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности стойматериалов», НИПИОСТРОМ, 1985 р.

Загальний об'єм пилоутворення в радіусі роботи спецтехніки визначається за формулою:

$$M_{г/с} = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_7 \times B \times G \times 10^6}{3600}, \text{ г/с}$$

де:  $K_1$  - вагова доля пилової фракції у матеріалі;

$K_2$  - доля пилу, що переходить в аерозоль;

$K_3$  - коефіцієнт, що враховує метеоумови;

$K_4$  - коефіцієнт, що враховує захищеність вузла;

$K_5$  - коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу;

$K_7$  - коефіцієнт, що враховує розмір матеріалу;

$B$  - коефіцієнт, що враховує висоту пересипу;

$G$  - виробнича потужність вузла пересипання, т/год;

$T$  - час роботи джерела на викид (час роботи техніки), год.

Валові викиди визначаються за формулою:

$M_T = M_{г/с} \times 3600 \times T \times 10^{-6}$ , т. Для розрахунку були прийняті наступні дані:

–  $K_1 = 0,04$ ;

- $K_2 = 0,02$ ;
- $K_3 = 1,2$ ;
- $K_4 = 0,3$ ;
- $K_5 = 0,1$ ;
- $K_7 = 0,8$  (крупність матеріалу може складати від 1 до 50 мм, коефіцієнт приймаємо більше як ґрунтів, так як основні об'єми переміщення пов'язані із переміщенням ґрунтів);
- $V = 15\text{т/год}$  - максимальні годинна продуктивність переміщення пилячих матеріалів із врахуванням коефіцієнту нерівномірності використання техніки 0,8;
- $T = 210\text{год}$  – загальний час роботи джерела на викид (час роботи техніки).

Величина викиду пилу під час перексавації пилячих матеріалів складе:

$$M_{\text{г/с}} = \frac{0,04 \times 0,02 \times 1,2 \times 0,3 \times 0,1 \times 0,8 \times 15 \times 10^6}{3600} = 0,0960 \text{ г/с.}$$

$$M_{\text{т}} = 0,0960 \times 3600 \times 1210 / 10^6 = 0,4182 \text{ т.}$$

Зведені результати розрахунку величин викидів забруднюючих речовин. Оцінка впливів

Під час виконання проектних робіт з будівництва будуть наявні неорганізовані та нестационарні джерела викидів забруднюючих речовин. Організовані стаціонарні джерела викидів будуть відсутні.

Згідно «Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців» затвердженої Міністерством охорони навколишнього природного середовища України 29 березня 2006р. за №341/12215 всі вищенаведені джерела викидів забруднюючих речовин, які будуть діяти протягом періоду будівництва відносяться до джерел з неорганізованим або нестационарним викидом -

відповідно нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин для них не встановлюються.

Орієнтовні розрахункові величини викиду забруднюючих речовин від всіх неорганізованих та нестационарних джерел викидів, що будуть діяти протягом всього терміну виконання проектних робіт наведені в таблиці нижче.

Програмний розрахунок розсіювання викидів даних забруднюючих речовин не проводився, в зв'язку з тим, що дані джерела відносяться до нестационарних і задати чіткі умови роботи і параметри даних джерел для програмного розрахунку неможливо.

Основні об'єми викидів будуть пов'язані із викидом вихлопних газів від авто та спецтехніки, а також із утворення пилу під час переміщення ґрунтів та пилячих будівельних матеріалів. Дані викиди забруднюючих речовин є мінімальні і незначні, і не будуть вносити суттєвого внеску в стан забруднення атмосфери та негативно впливати на стан атмосферного середовища в районі проектованої діяльності. Під час виконання будівельних робіт будуть виконуватись заходи, щодо сприяння зменшення викидів забруднюючих речовин (зволоження ділянок пилення - виконання земляних робіт, регулювання двигунів авто та спецтехніки із метою зниження виділення шкідливих вихлопних газів та ін.).

Після завершення проектованих робіт дія даних джерел припиниться.

Відповідно можна зробити висновок, що викиди забруднюючих речовин не будуть створювати зони забруднення навколо території виконання проектованих робіт та будуть знаходитись в межах нормативних вимог (не перевищуватимуть величин ГДК). Проектовані викиди не чинитимуть негативного впливу на оточуюче природне середовище.

Негативний вплив на навколишнє повітряне середовище - відсутній.

Таблиця 6.2.4 Зведені величини викидів забруднюючих речовин, що утворюються протягом всього періоду будівництва

№ Д В*	Найменування джерела викиду	Код ЗР*	Найменування ЗР*	Потужність викиду, т
1	Робота двигунів внутрішнього згорання автотранспорту та спецтехніки	301	Азоту діоксид	0,0514
		337	Вуглецю оксид	0,1936
		2754	Вуглеводні граничні	0,0272
2	Зварні роботи	123	Оксид (III) заліза	0,0042
		143	Марганець та його сполуки	0,0011
		323	Силіцію оксид	0,0012
		10226	Титану діоксид	0,0003
3	Роботи з механічної обробки металів	2902	Пил абразивно-металічний	0,0120
4	Переміщення пилячих матеріалів та земляні роботи	2902	Завислі речовини	0,4182
<b>РАЗОМ, т</b>				<b>0,7092 т</b>

### ***6.3 Заходи щодо охорони оточуючих об'єктів техногенного середовища***

Негативного впливу від реалізації проекрованої діяльності на промислові, житлово-цивільні і сільськогосподарські об'єкти, наземні та підземні споруди, соціальну організацію території, та інші елементи не передбачається, так як вони розташовані поза зоною впливу проектованого об'єкту.

Вірогідність виникнення аварійних ситуацій при виконанні будівельних робіт мінімізується за умови дотримання виробником робіт вимог нормативних документів, призначених для кожного конкретного виду робіт на машинах і механізмах та якістю проекту виробництва робіт, в якому повинні детально опрацьовуватися всі можливі ситуації, у тому числі і нештатні, що розробляється підрядною організацією. У ПВР повинні бути відображені й додаткові заходи безпеки, обумовлені специфікою виконуваних робіт.

**Для експлуатації проектного виробництва необхідно залучення**

**ресурсів:**

1) Земельних: реконструкція виконується в межах двох земельних ділянок сумарною площею 0,9784га (ділянка площею 0,8824га к.н.6110100000:02:010:0046 та ділянка площею 0,0960га к.н.6110100000:02:010:0066).

2) Енергетичних: 1586,250Гкал/рік теплової енергії; 2350,0тис.кВт\*год/рік електроенергії від міських інженерних мереж.

3) Водних: 1,7318 тис.м<sup>3</sup>/рік води для госпобутових потреб.

4) Трудових: 81 нова особа персоналу цеху та складів.

**Під час експлуатації проектного виробництва будуть утворюватися:**

**1) Відходи**

323,333т/рік відходів очистки забруднених виробничих стоків, твердих побутових відходів від життєдіяльності персоналу та експлуатації складських площ, відходи систем освітлення приміщень тощо.

Всі утворені відходи будуть сортуватись та вивозитись на складування на полігон ТПВ згідно угоди із комунальним підприємством або передаватись на відповідні підприємства на утилізацію. Відходи, що можуть використовуватись в якості вторсировини (метал, пластик, папір) будуть складуватись в окремі контейнери та передаватимуться на втор переробку відповідним підприємствам згідно укладених договорів.

**2) Стоки**

В виробничо-складських будівлях запроектовані дві роздільні системи каналізації:

-Господарсько-побутова

Відведення стоків від санітарних приладів побутових приміщень виробничої споруди в кількості 4,050м<sup>3</sup>/добу та від складських будівель в

кількості 0,975м<sup>3</sup>/добу проводиться внутрішньою системою господарсько-побутової каналізації підприємства через випуск в зовнішню мережу в міські каналізаційні мережі.

-Виробнича.

Відведення стічних води від технологічного обладнання виконується внутрішньою системою виробничої каналізації з подальшим відведенням на запроектовані очисні споруди (проект розроблений ТзОВ «Комфорт-Еко», м.Рівне) флотаційного очищення продуктивністю 700м<sup>3</sup>/добу (30м<sup>3</sup>/год) з подальшим відведенням очищених стоків в зовнішню мережу міських каналізаційних мереж.

Дощова каналізація призначена для збору та відводу дощових вод з даху будівель та прилеглої території та виконується по існуючій схемі на підприємстві.

Вплив на водне середовище під час експлуатації проектного виробництва оцінюється як нормативний.

### 3) Викиди забруднюючих речовин в атмосферу

Викиди забруднюючих речовин в атмосферу з стаціонарних організованих джерел – отворів вентиляційних витяжок з виробничих приміщень. Викиди з проектованих джерел міститимуть забруднюючі речовини

Натрію гідроксид (сода каустична)	0,0009 г/с	0,0284 т/рік
Вуглецю діоксид (вуглекислий газ)	37,9130 г/с	1195,6637 т/рік

Результати розрахунків показали, що максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин, що містяться у викидах від проектного об'єкта, із урахуванням існуючого фонового забруднення атмосфери, не перевищують нормативних вимог – тобто 1,0 частки ГДК

(гранично-допустима концентрація для нас.пунктів) в усіх розрахункових точках ділянки прийнятої для розрахунку.

Відповідно, негативний вплив на атмосферне повітря від здійснення викидів забруднюючих речовин оцінюється як нормативний. Рівень забруднення атмосферного повітря оцінюється як «допустимий», ступінь безпечності – «безпечний». Можливість виникнення ризиків негативного впливу на соціальне середовище та здоров'я населення – відсутня. Тобто можливість реалізації планової діяльності оцінюється як «прийнятна».

В процесі експлуатації проектного виробництва буде відсутній негативний вплив на мікрокліматичні умови району (шум, вібрація, теплове забруднення, електромагнітне та іонізуюче випромінювання, ультразвук тощо). Все обладнання проектного об'єкту працюватиме з звуковим тиском в межах встановлених норм. Відповідно, вплив на навколишнє середовище від здійснення шумового навантаження оцінюється як нормативний.

Під час експлуатації проектного об'єкту вплив на ґрунти, геологічне середовище, рослинний та тваринний світ, заповідні об'єкти, на клімат та мікроклімат, навколишнє техногенне та соціальне середовища оцінюється як нормативний, тобто такий що здійснюється в припустимих межах і не викликає понаднормових змін.

В проекті були враховані нормативні вимоги і закладені комплексні заходи для забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та його безпеки. Виконання технічних рішень, передбачених проектом, виключає можливість виникнення аварійних ситуацій з негативними екологічними наслідками.

## РОЗДІЛ 7

### МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Харчова промисловість має величезне значення для національної економіки України. Попри війну, харчова промисловість продовжує бути однією з найперспективніших галузей в українському секторі переробки. Незважаючи на великі втрати, через наслідки війни, харчова промисловість виділяється своєю відносною стабільністю порівняно з іншими секторами економіки. Сфери, що задовольняють основні потреби людей, користуються стабільним попитом як на внутрішньому ринку, так і за кордоном.

Харчова промисловість ефективно зберігає та відновлює свій потенціал, забезпечуючи не лише населення, а й підтримуючи економіку країни, навіть у воєнний час.

Значною частиною харчової галузі є виробництво та реалізація напоїв. Так у 2023 році реалізація напоїв склала 13,2% від загального обсягу реалізованих харчових продуктів [30].

На рис.7.1. наведено динаміку змін обсягів виробництва напоїв в Україні у 2021-2023рр. за видами.

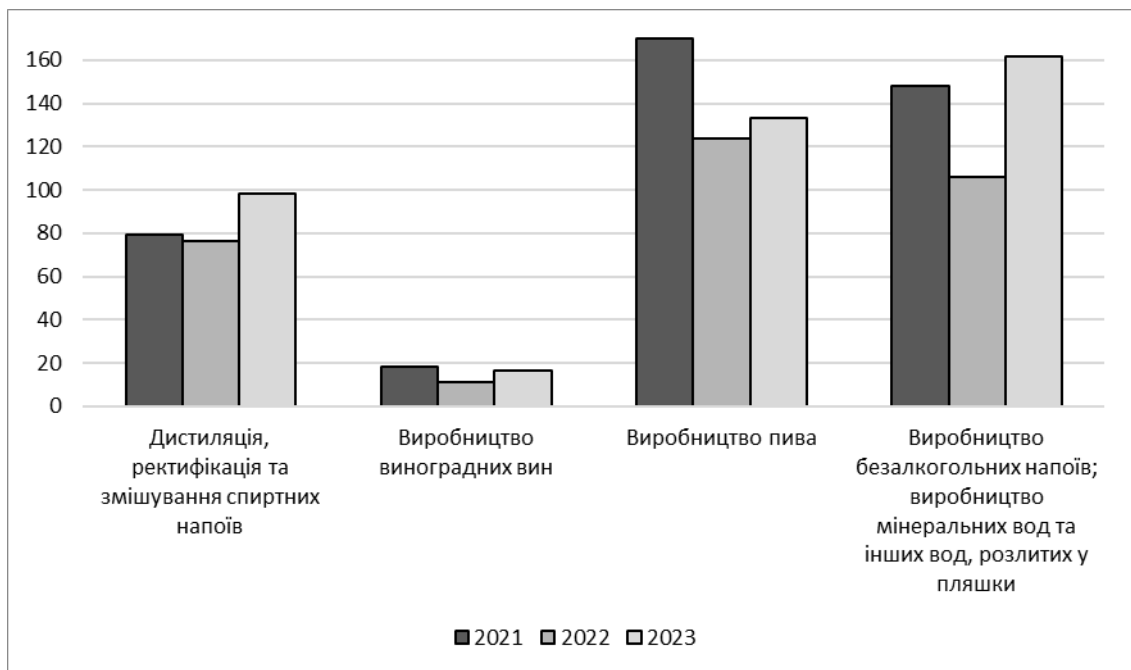


Рис. 7.1. Динаміка змін обсягів виробництва напоїв за видами у 2021-2023р. (складено за даними [31])

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Якимчук М.В.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Блохін Є.В.	Назва, додаткова назва <b>МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ</b>		<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 76

З Рис. 7.1. видно, що виробництво пива та безалкогольних напоїв, мінеральних вод та інших вод, розлитих у пляшки становить більше 70% від загального обсягу виробництва напоїв, як алкогольних так і безалкогольних.

Пивоваріння є традиційною для України галуззю харчової промисловості. Стабільний розвиток пивоварної індустрії та підвищення попиту на пиво і пивні напої роблять вагомий внесок у національну економіку.

Виробництво пива та безалкогольних напоїв сприяє розвитку багатьох пов'язаних галузей, таких як сільське господарство, солодова індустрія, торгівля, логістика, машинобудування, енергетика, громадське харчування, дослідження в харчовій та мікробіологічній сферах, виробництво тари та упаковки. Відходи від виробництва пива використовуються для виготовлення біопалива, кормів для тварин, кондитерських виробів та інших продуктів.

Ринку пива в Україні притаманна висококонсолідованість. ПрАТ «Абінбев Ефес Україна», ПрАТ «Карлсберг Україна», ПрАТ «Оболонь» та ТзОВ «Перша приватна броварня» займають більшу частину ринку пиво безалкогольної продукції.

Війна значно вплинула на пивоварну галузь України через низку чинників, зокрема порушення логістики, руйнування виробничих об'єктів та інфраструктури, зростання витрат на виробництво, скорочення ринку збуту через масову еміграцію населення, а також зміну споживчих вподобань на тлі економічної нестабільності та зниження доходів громадян. Всі ці фактори вплинули на виробництво пива.

В дослідженні, яке провела Асоціація ритейлерів України та дослідницька компанія NielsenIQ йдеться про те, що продажі (у грошовому еквіваленті) у топ-5 найбільших виробників пива в Україні у 2022 році упали на 24%. [32].

Деякі виробники пива, через ведення бойових дій, втратили виробничі потужності, або припиняли виробництво з міркувань безпеки. Найбільше

скоротилися продажі у ПрАТ «Абінбев Ефес Україна» – на 70% у 2022р., чії заводи, через безпеку, не працювали більше ніж півроку з початку війни [31].

В цілому по Україні виробництво пива солодового (крім пива безалкогольного і пива з вмістом алкоголю не більше 0,5%), згідно даних Української галузевої компанії по виробництву пива, безалкогольних напоїв та мінеральних вод "Укрпиво", у 2022р. впало на 27% порівняно з 2021р. Але з 2023р. простежується тенденція відновлення, та росту виробництва (зростання на 7,8% у 2023р. порівняно з 2022) [32].

Зміни обсягів виробництва пива наведено на рис.7.2.

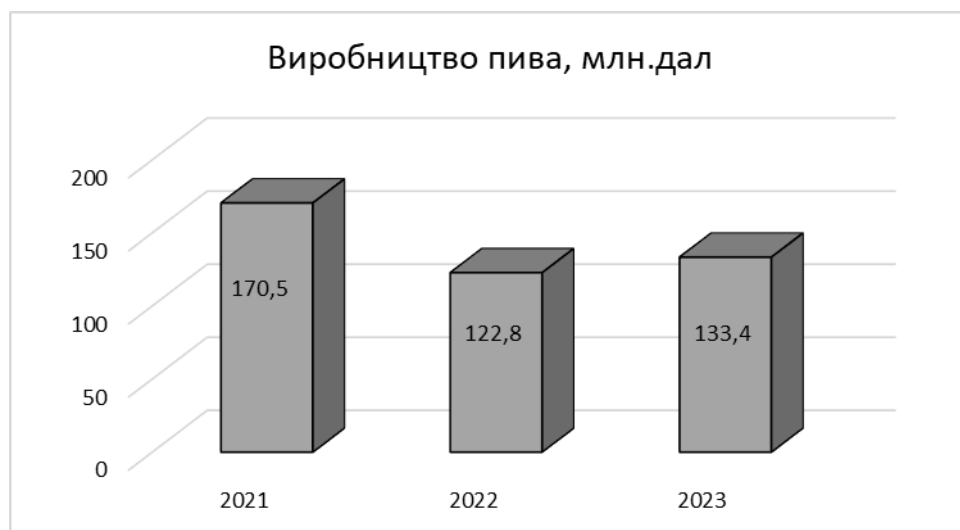


Рис.7.2. Динаміка змін виробництва пива у 2021-2023 роках  
(складено за даними [32])

ПрАТ «Оболонь» та ПрАТ «Карлсберг Україна» залишаються незмінними лідерами серед українських виробників в 2024 році. Поступово відновлює свої позиції ПрАТ «Абінбев Ефес Україна». Проте якщо в 2021 році, згідно даних Української галузевої компанії по виробництву пива, безалкогольних напоїв та мінеральних вод "Укрпиво", сумарна частка ринку виробників пива - лідерів складала приблизно 94%, то за період 2022р. - перше півріччя 2023 вона скоротилась до 88,5%, а у 2024р. вона складає приблизно 88,4% [32].

В результаті перерозподілу ринку пивобезалкогольної продукції, долі лідерів частково перейшли до менших виробників. Так, тернопільська

пивоварня "Опілля" за цей час збільшила присутність на ринку пива з 1,5% до 2,7%, ПрАТ «Фірма «Полтавпиво» - з 1,6% до 2,4% ринку, ТОВ «Уманьпиво» з 0,8% до 2,1% ринку [32].

Тернопільська пивоварня «Опілля» відомий регіональний виробник пива, чия продукція користується незмінним попитом.

Основним видом діяльності ТОВ "Пивоварня "Опілля" є виробництво та продаж пива. На підприємстві за традиційною класичною технологією виробляється 15 сортів пива. Асортимент постійно розширюється. Крім того підприємство виробляє квас, сидр та безалкогольні напої. З 2021р. працює лінія розливу питної води [35].

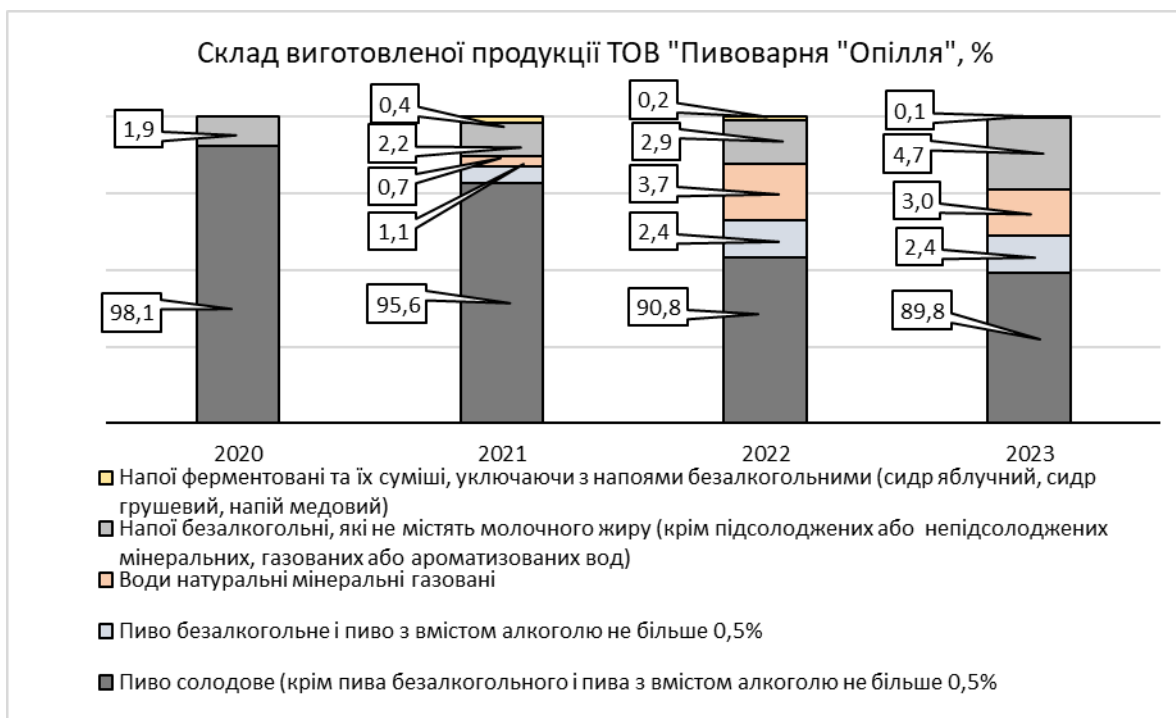


Рис.7.3. Склад продукції ТОВ "Пивоварня "Опілля"

Доля пива у продукції підприємства за період 2020-2023 рр. змінилася з 98% до 90%. За цей час значно збільшилося виробництво квасу, сидру та безалкогольного пива, було введено в експлуатацію лінію розливу питної води. Це відповідає загальносвітовій тенденції росту ринку безалкогольних, слабоалкогольних напоїв та пива. У звіті The International Market Analysis Research & Consulting Group (міжнародна дослідницька та консалтингова

група з аналізу ринку), зазначається, що «обсяг європейського ринку безалкогольних вин і пива у 2023 році досяг 8,6 млрд євро та очікується, що загальний обсяг ринку до 2032 року сягне 15,4 млрд євро»[30].

В цілому за період 2020-2023 рр. ТОВ «Пивоварня «Опілля» збільшило обсяги виробництва майже в 2 рази. Більшу частку в цьому склало збільшення виробництва пива солодового в 1,7 разу та квасу в 5 разів.

З рисунку 7.4 видно, що чистий дохід від реалізації продукції в період з 2020 по 2023 рр. зростав та збільшився більше ніж в 2 рази. За досліджуваний період більше ніж в 2 рази виросли як витрати так і доходи підприємства, проте, кінцевий результат діяльності є позитивним, оскільки доходи перевищують витрати

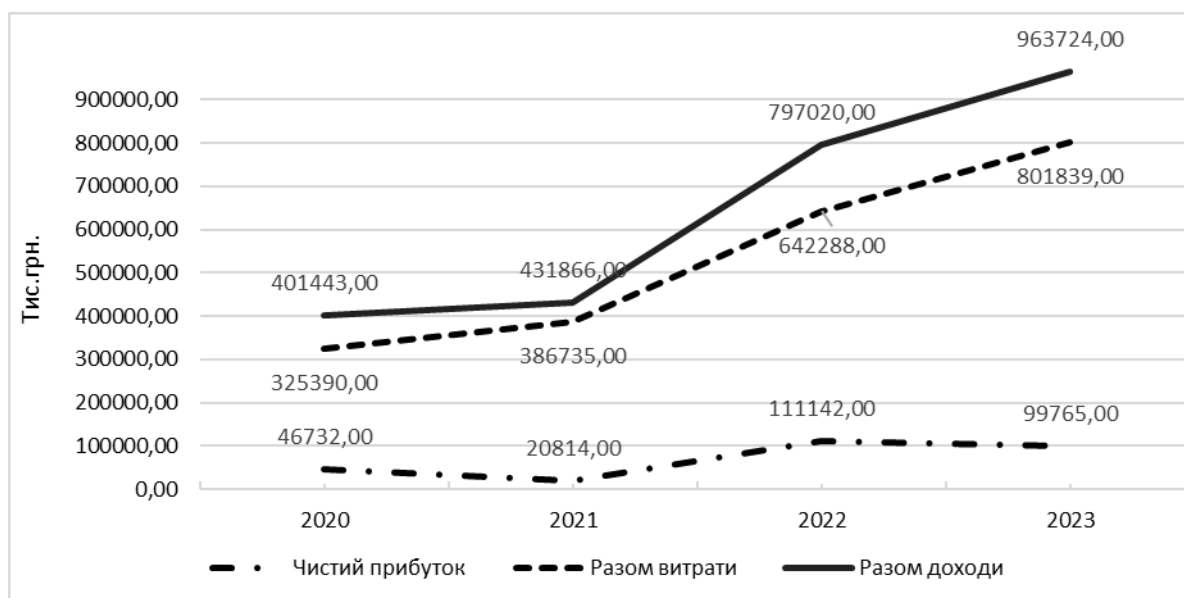


Рис.7.4. Основні показники діяльності ТОВ "Пивоварня "Опілля"  
(складено за даними [36])

Суттєве зростання чистого прибутку підприємства обумовлене значним збільшенням обсягів виробництва та продажу продукції. Глобальна модернізація підприємства, що триває з 2014 року, включає введення в експлуатацію нових виробничих потужностей, автоматизацію процесів, придбання, проектування та встановлення сучасного обладнання, а також вдосконалення технологій пивоваріння. Завдяки всім цим заходам обсяги виробництва зросли майже вдвічі порівняно з 2020 роком.

Одним з показників модернізації виробництва, яку проводить підприємство, є зростання в 2,5 разу вартості основних засобів, яке можна побачити при аналізі фінансової звітності ТОВ «Пивоварня «Опілля» [36].



Рис.6.5. Вартість основних засобів ТОВ "Пивоварня "Опілля"  
(складено за даними [36])

У 2023р. на придбання (виготовлення) основних засобів була витрачена сума в 5 разів більша ніж у 2022р. (Табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Капітальні інвестиції на придбання(виготовлення) основних засобів

Капітальні інвестиції за рік	2020	2021	2022	2023
Придбання (виготовлення) основних засобів	44652,00	85411,00	32910,00	163357,00

Вартість машин та обладнання підприємства за 4 роки виросла в 2,3 рази (Табл.7.2).

Таблиця 7.2

Динаміка зміни вартості машин та обладнання підприємства

Групи основних засобів	Залишкова вартість на кінець року, тис. грн.			
	2020	2021	2022	2023
Машини та обладнання	135885,00	168987,00	168412,00	312463,00

Значні фінансові вливання в модернізацію, розвиток та оновлення виробничих потужностей дали змогу збільшити обсяги виробництва продукції та продажів. Додатково треба зауважити, що на ТОВ «Пивоварня «Опілля» створено відділ розвитку підприємства: конструкторське бюро та дільниця впровадження нової техніки (силами цього підрозділу відбувається модернізація матеріально-технічної бази підприємства), що дозволяє в рази зменшити витрати на модернізацію, значна частина якої відбувається власними силами підприємства, без залучання зовнішніх спеціалістів.

Підприємство є прибутковим, швидко розвивається, про що свідчить ріст обсягів виробництва, товарного відпуску продукції та чистого доходу від реалізації.

## ВИСНОВКИ

Фільтраційні чани є найбільш розповсюдженим способом фільтрації затору і загальна доля цих систем сягає до 75% від загальної кількості встановленого фільтраційного обладнання. Вдосконалення наявних систем дозволяє підвищити їх ефективність із меншими інвестиціями, ніж заміна на нові системи.

Метою кваліфікаційної роботи була модернізація фільтраційного чану варильного відділення продуктивністю 250 гл/варка.

В результаті проведеної роботи були виявлені основні недоліки чанів старої конструкції:

- нерівномірний розподіл сула;
- часті зупинки фільтраційного процесу через ущільнення шару дробини;
- тривалий час фільтрації;
- дуже довгий процес зафільтровки.

Виявлені проблеми стали основою для розробки та впровадження рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи фільтраційного чану варильного відділення продуктивністю 250 гл/варку.

В результаті проведеної модернізації:

- впроваджено систему продування підситового простору азотом через форсунки, що скорочує час підготовки фільтраційного обладнання, зменшує втрати по воді до 2%, зменшує витрати енергії до 1,5-2%;
- у процесі перекачки затору на фільтраційний чан у підситовий простір подається азот, що сприяє рівномірному розподілу шару дробини;
- продувка фільтраційного шару дробини під час фільтрації призводить до розпушування дробини, що сприяє покращенню швидкості фільтрації, та покращення екстрактивності;
- зменшено кількість випускних отворів з 20 до 8 із вхідним діаметром

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Блохін Є.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>ВИСНОВКИ</b>	<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>83</b>

- 125 мм та виходом 50 мм, що оптимізує потік сусла, покращує рівномірність його розподілу, зменшує ризик зупинок фільтраційного процесу, покращує миття обладнання та спрощує конструкцію фільтраційного чану;
- збільшена пропускна здатність фільтраційного сита з рахунок збільшення фільтраційної площі з 12% до 16%, що суттєво покращує процес фільтрації та зменшує ймовірність зупинки фільтраційного процесу;
- збільшена несуча здатність фільтраційного днища, що дозволяє збільшити навантаження з 200 до 260 кг/кв. м;
- збільшено висоту підситового простору до 25 мм, що покращує циркуляцію сусла, сприяє кращому промиванню дробини та знижує ймовірність ущільнення дробини за рахунок створення від'ємного тиску над випускним отвором;
- покращена система дозування води у підситовий простір, що сприяє кращій промивці підситового простору, зменшує кількість води на промивку, призводить до зменшення витрат енергії;
- скорочено процес зафільтровки сусла та перенесено початок процесу зафільтровки, що дало можливість скоротити процес фільтрації на 25 хв;
- запроваджено центральний розподільник сусла, який забезпечує рівномірне розподілення каламутного сусла над поверхнею дробини;
- встановлено систему повернення трубу під час процедури промивання дробини, що покращило екстрактивність та зменшило скиди забруднених речовин у каналізацію;
- по всьому корпусу зроблена теплова ізоляція, що зменшує втрати теплової енергії;
- оптимізовано процес вивантаження дробини, що призвело до зменшення втрат теплової енергії на 5%.

Завдяки проведеній модернізації планується скоротити загальний час фільтрації до 90 хвилин, що дозволяє виконувати до 16 фільтраційних циклів за добу.

Використання модернізованого фільтраційного чану дозволяє:

- підвищити рівномірність фільтрації та стабільність якості сусла;
  - скоротити час процесу, збільшивши продуктивність;
- зменшити ймовірність зупинок і забезпечити безперебійну роботу чану.

№	Етап	Макс. час (хв) до модернізації	Макс. час (хв) після модернізації
1	Заповнення підситового простору водою	5	3
2	Перекачка затору у фільтраційний чан	10	10
3	Формування фільтраційного шару (рециркуляція)	30	5
4	Основна фільтрація та спуск першого сусла	90	30
5	Промивання дробини гарячою водою	30	20
6	Збір останньої промивної води	10	5
7	Вивантаження дробини	15	12
8	Промивка підситового простору	10	5
	<b>Загальний час фільтрації</b>	<b>200</b>	<b>90</b>
		<b>Навантаження кг/м кв</b>	<b>Навантаження кг/м кв</b>
		<b>200</b>	<b>260</b>

Модернізований фільтраційний чан може бути впроваджений у сучасних пивоварнях для забезпечення високої продуктивності та стабільної якості продукції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Briggs, D. E., Boulton, C. A., Brookes, P. A., & Stevens, R. *Brewing: Science and Practice*. Woodhead Publishing, 2004. — 908 с.
2. Kunze, W. *Technology Brewing and Malting*. VLB Berlin, 2014. — 960 с.
3. Esslinger, H. M. *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. Wiley-VCH, 2009. — 778 с.
4. Lewis, M. J., & Young, T. W. *Brewing*. Springer, 2003. — 400 с.
5. Geiger, E. *Handbook of Brewing: Methods and Principles*. CRC Press, 2017. — 528 с.
6. O'Rourke, T. *Brewing Yeast and Fermentation*. Blackwell Science, 2002. — 290 с.
7. Ziemann Holvrieka *Case Studies and Marketing Reports on Brewing Equipment*. Ziemann Holvrieka, 2021.
8. The Brewers Association *Industry Market Report*. Brewers Association, 2020.
9. European Brewery Convention *Brewing Industry Statistics*. European Brewery Convention, 2019.
10. Anheuser-Busch *Strainmaster Patent Documentation*. Anheuser-Busch, 1950-ті.
11. Meussdoerffer, F. *A Comprehensive History of Beer Brewing*. Springer, 2009. — 800 с.
12. Bamforth, C. W. *Beer: Tap into the Art and Science of Brewing*. Oxford University Press, 2009. — 240 с.
13. Fix, G. J. *Principles of Brewing Science*. Brewers Publications, 1999. — 192 с.
14. Goldammer, T. *The Brewer's Handbook*. Apex Publishers, 2008. — 608 с.
15. EBC Manual of Good Practice *Lautering and Filtration*. European Brewery Convention, 2010.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Якимчук М.В.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Блохін Є.В.	Назва, додаткова назва <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>230753.KP.02.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 86

16. Siebert, K. J. *Beer Flavor Chemistry*. Springer, 2009. — 348 с.
17. Foster, R. *Industrial Microbiology: An Introduction*. John Wiley & Sons, 2006. — 480 с.
18. Hough, J. S., Briggs, D. E., Stevens, R., & Young, T. W. *Malting and Brewing Science: Hopped Wort and Beer*. Chapman & Hall, 2001. — 800 с.
19. Walker, G. M., & Stewart, G. G. *Yeast Physiology and Biotechnology*. Wiley, 1998. — 380 с.
20. Papazian, C. *The Complete Joy of Homebrewing*. HarperResource, 2003. — 496 с.
21. Narziß, L. *Abriss der Bierbrauerei*. Wiley-VCH, 2005. — 672 с.
22. Molson Coors *Brewery Process Optimization*. Molson Coors Technical Report, 2018.
23. Shellhammer, T. H. *Beer Quality Measurement and Control*. CRC Press, 2013. — 312 с.
24. Hughes, P., & Baxter, E. D. *Beer: Quality, Safety, and Nutritional Aspects*. Royal Society of Chemistry, 2001. — 202 с.
25. Fix, D. *Analysis of Brewing Techniques*. Brewers Publications, 2004. — 214 с.
26. Boulton, C., & Quain, D. E. *Brewing Yeast and Fermentation*. Blackwell Science, 2001. — 600 с.
27. Andrews, J. R., & Davies, A. L. *Yeast: The Practical Guide to Beer Fermentation*. Brewers Publications, 2007. — 295 с.
28. Stewart, G. G., Priest, F. G. (Editors). *Handbook of Brewing*. CRC Press, 2nd Edition, 2006.
29. **Stewart, G. G., & others.** *J. Inst. Brew.* 112(3), 222–231, 2006. *Different lauter turbidities and their effects on brewing quality*
30. Дедалі менше алкоголю. Gastronomy and Wine Portal. available at: <https://drinks.ua/news/soft-drinks-no-and-low-alcohol-options/>

31. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/vyrobnytstvo-ta-realizatsiya-promyslovoi-produktsiyi-za-vydamy-0>
32. Офіційний сайт Української галузевої компанії по виробництву пива, безалкогольних напоїв та мінеральних вод "Укрпиво". URL: <http://ukrpivo.com/pro-kompaniyu/>.
33. Електронний журнал Forbes Ukraine. URL: <https://forbes.ua/news/za-chas-viyni-prodazhi-piva-ab-inbev-v-ukraini-v-groshakh-vpali-na-70-a-sokiv-u-pepsico-na-64-doslidzhennya-asotsiatsii-riteyleriv-ukraini-i-nielseniq-06012023-10933>
34. Журнал Forbes Ukraine. URL: <https://forbes.ua/news/za-chas-viyni-prodazhi-piva-ab-inbev-v-ukraini-v-groshakh-vpali-na-70-a-sokiv-u-pepsico-na-64-doslidzhennya-asotsiatsii-riteyleriv-ukraini-i-nielseniq-06012023-10933>
35. Офіційний сайт ТОВ "Пивоварня "Опілля". URL: <https://opillia.com/history> (дата звернення: 23.11.2024).
36. Фінансова звітність ТОВ «Пивоварня «Опілля» URL: <https://clarity-project.info/edr/37944013/yearly-finances?current>