

**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)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 133 «Галузеве машинобудування» \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ Інжиніринг харчових виробництв \_\_\_\_\_

на тему: «Технічний аудит та удосконалення мийної системи апарата циліндрично-конічного типу для бродіння пива»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-3М

\_\_\_\_\_ Несчетний Дмитро Анатолійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Пономаренко Віталій Васильович \_\_\_\_\_  
(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 \_\_\_\_\_  
(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

Микола ЯКИМЧУК

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

Несчетний Дмитро Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Технічний аудит та удосконалення мийної системи апарата циліндрично-конічного типу для бродіння пива

керівник проекту (роботи) Пономаренко Віталій Васильович, доц., кандидат тех. наук  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» 10 2024 р. № 859-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2024р.

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): Анотація; Зміст; Вступ; Аналітичний огляд стану питання; Методика проведення досліджень; Дослідна частина та узагальнення результатів; Обґрунтування модернізації; Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Технологія машинобудування; Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання; Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці; Охорона довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел; Додатки

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

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 2 аркуші; Схеми автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Розрізи – 1 аркуш; Наукова частина 4 арк

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 14.09.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	01.10.2024.	
2	<i>Аналітичний огляд стану питання</i>	05.10.2024.	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	10.10.2024.	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	20.10.2024.	
5	<i>Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>	30.10.2024.	
6	<i>Розрахункова частина</i>	05.11.2024	
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	08.11.2024	
8	<i>Технологія машинобудування</i>	12.11.2024	
9	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>	15.11.2024	
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	20.11.2024	
11	<i>Заходи по охороні праці</i>	23.11.2024	
12	<i>Охорона довкілля</i>	25.11.2024	
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	27.11.2024	
14	<i>Висновки</i>	30.11.2024	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	30.11.2024	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.12.2024.	

Здобувач

\_\_\_\_\_

( підпис )

Несчетний Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Пономаренко В.В.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Використання ЦКТ для проведення процесів бродіння та доброджування в одному апараті має не лише технічні переваги, але й проведення процесів бродіння та доброджування проводиться на більш якісному рівні.

**Метою дослідження** є на основі CFD-моделювання процесу розпилення рідини розробити пристрій (миючу головку) для миття та дезінфекції апарата, який дозволить економити енергію внаслідок раціонального використання миючого розчину без втрати ефективності миття ємкості.

**Об'єктом досліджень** є процеси розпилення рідини миючими головками ЦКТ, гідродинаміки рідини в елементах форсунок та в сопловому каналі різного виконання.

**Предметом досліджень** є миючі головки, розпилювачі рідини та їх основні елементи – соплові канали для подачі миючого розчину на стінки циліндричної ємкості.

В результаті виконаної роботи встановлено недоліки миючої системи ЦКТ та на основі імітаційного моделювання встановлено розподіл рідини в факелі розпилення по довжині та по його поперечному перерізі на різній відстані від торця сопла. Зміна конструкції головки, коли вона обертається лише в горизонтальній площині дозволяє запобігти нецільовій витраті рідини. Виконання сопел в вигляді плоских щілин забезпечує достатньо значну площу контакту рідини з поверхнею ємкості.

**Ключові слова:** пиво, ємкість для бродіння, миюча головка, CFD-дослідження.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Пономаренко</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> <i>Несчетний Д.А</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Реферат</b>	230601.KP.00.013.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук МВ</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

## ABSTRACT

The use of CCT for carrying out fermentation and fermentation processes in one apparatus has not only technical advantages, but also the fermentation and fermentation processes are carried out at a higher quality level.

The purpose of the study is to develop a device (washing head) for washing and disinfecting the apparatus, based on CFD modeling of the liquid spraying process, which will allow saving energy due to the rational use of the washing solution without losing the efficiency of washing the container.

The object of the research is the processes of liquid spraying by CCT washing heads, fluid hydrodynamics in the elements of the nozzles and in the nozzle channel of various designs.

The subject of the research is washing heads, liquid sprayers and their main elements - nozzle channels for supplying the washing solution to the walls of the cylindrical container.

As a result of the work performed, the shortcomings of the CCT washing system were identified and, based on simulation modeling, the distribution of liquid in the spray jet along the length and across its cross section at different distances from the nozzle end was established. Changing the design of the head, when it rotates only in the horizontal plane, prevents unintended liquid flow. The design of the nozzles in the form of flat slots provides a sufficiently large area of contact of the liquid with the surface of the container.

**Keywords:** beer, fermentation container, washing head, CFD-study.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Пономаренко</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> <i>Несчетний Д.А</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Реферат</b>	<b>230601.KP.00.013.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук МВ</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

## ЗМІСТ

стор.

РЕФЕРАТ .....	4
ЗМІСТ.....	
ВСТУП.....	
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
1.1 Огляд літературних джерел, аналіз прогресивних конструкційних рішень.....	
1.2 Обґрунтування актуальності дослідження, формулювання мети та завдання дослідження. ....	
1.3 Висновки.....	
2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
2.1 Постановка завдань нового технічного рішення, визначення необхідних технічних параметрів, розробка і опис нового технічного рішення, устрій та принцип його роботи.....	
2.2 Висновки.....	
3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	
3.1 Об'єкт та предмет досліджень.....	
3.2 Опис експериментальної установки чи імітаційної моделі об'єкт досліджень.....	
3.3. Методика проведення досліджень.....	
3.4 Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування. ..	

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> Несчетний Д.А.  <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.	<i>Назва</i>  <b>Зміст</b>	<b>230601.KP.00.013.ПЗ</b>			
			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

3.5 Висновки.....	
4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	
4.1 Розрахунок об'єму модернізованого обладнання.....	
4.2. Підбір конструкційних матеріалів.....	
4.3. Розрахунки на міцність елементів конструкції модернізованого обладнання.....	
4.4. Технологія машинобудування.....	
4.5. Правила монтажу, та технічного сервісу модернізованого обладнання.....	
5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ.....	
6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ.....	
7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

## ВСТУП

У світі спостерігається тенденція до збільшення споживання пива, яке користується незмінною популярністю серед різних шарів населення завдяки своєму приємному смаку, освіжаючому ефекту, тонізуючій дії, відносній дешевизні та доступності. У деяких європейських країнах об'єми виробництва пива перевищують можливості його внутрішнього споживання, наприклад один з найбільших показників виробництва пива на душу населення в Чехії – біля 160 л.

На сьогоднішній день ми є свідками того, як глобальна експансія пива зачепила і Україну. Але все одно наша країна належить до країн з малим споживанням пива, питома вживання не перевищує 40 л на душу населення.

Виробництво пива – одне з найстаріших біотехнологічних виробництв, які використовують дріжджі для перетворення цукру у спирт. Останні двадцять років удосконалення мікробіологічних аспектів бродіння йшло одночасно зі створенням нових технологій, згідно з якими була скорочена тривалість бродіння за рахунок високих температур процесу, використання великої кількості дріжджів та підтримання їх в активному стані.

Створюючи стратегію розвитку пивоварного підприємства, необхідно чітко уявляти взаємозв'язок технології та техніки та розуміти закономірності їх розвитку. Оскільки техніка розвивається значно швидше технології, то філософський закон переходу кількісних змін у якісні краще спостерігати при розвитку техніки. Наприклад, протягом останніх десятиліть послідовно велися роботи з удосконалення суслу варильних апаратів. Але ось кількість конструктивних змін перейшла у якість, і з'явилося нове обладнання на основі тонко плівкового кип'ятіння сусла з хмелем.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Паномаренко В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> Несчетний Д.А. <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вступ</b>	230601.KP.00.013.ПЗ			
			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1

Аналогічно спостерігається удосконалення сепараторів та заторних фільтрпресів. Сюди можна віднести і відродження малих пивоварень, але на якісно новому рівні. Теперішні міні-пивоварні – це вже не кустарні виробництва, а сучасні мініатюрні пивоварні заводи, обладнанні технічно досконалим, автоматизованим обладнанням.

Висока швидкість бродіння, необхідна в сучасних виробничих умовах, спостерігається лише якщо є суттєвий ріст дріжджових клітин. Різними дослідженнями було показано, що швидкість споживання цукрів клітинами, що ростуть значно вище, ніж у тих, які не розвиваються. Тому фактори, які впливають на ріст клітин, є важливими для контролю над процесом бродіння. Таким факторами є склад сусла, умови внесення дріжджів та аерація, температура бродіння, розмір та конфігурація бродильного апарату.

Якщо зі складом сусла ще зрозуміло, то з аерацією виникають питання, адже утворення спирту дріжджами здійснюється в результаті анаеробного бродіння. Та все ж дріжджі повинні отримати невелику кількість кисню. Звичайна система аерації, що являє собою інжекцію надлишку повітря у сусло під час перекачування до бродильного апарату, має значення до карбонізації пива.

Контроль температури важливий для отримання відтворювальних показників вмісту летких речовин.

Останнім часом значно зростають об'єми бродильних апаратів. Звичайні бродильні та лагерні танки мають обмеження у розмірах. Необхідність у великій економічності виробництва та великому об'ємі вимагала використання більших виробничих одиниць для цих процесів. Як результат виникли циліндрично-конічні танки (ЦКТ), які зараз використовуються на більшості пивоварних заводах та повністю себе виправдовує. Використання ЦКТ мають не лише технічні переваги, але й проведення процесів бродіння та доброджування на більш якісному рівні.

У проекті передбачено розробити пристрій (миючу головку) для миття та дезінфекції апарата, який дозволить економити енергію внаслідок раціонального використання миючого розчину без втрати ефективності миття ємкості. Таку задачу пропонується виконати за допомогою моделювання процесу розпилення рідини та підбору раціональних розмірів соплових каналів.

# 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Огляд літературних джерел, аналіз прогресивних конструкційних рішень

Для початку розглянемо технологічну схему виробництва пива та роль в ній циліндрично-конічних танків.

### Опис технологічної схеми і процесів

Пиво – ігристий освіжаючий напій з характерним хмелевим запахом та приємним гіркуватим смаком, насичений діоксидом вуглецю, який утворюється у процесі бродіння.

Солод надходить на виробництво автомобільним або залізничним транспортом у відділення приймання солоду. Відділення приймання солоду обладнане системою аспірації, яка складається з циклону, рукавного фільтру, витяжного вентилятора. З рукавного фільтра зерновий пил вивантажується у мішки.

З циклону солод за допомогою вивантажуючого пристрою надходить на зерноочисну машину, після чого очищений солод зважують на автоматичних вагах і за допомогою норії і конвеєрів подають в силос для зберігання солоду.

Із силосів солод транспортують конвеєрами та норією у відділення подрібнення солоду та подрібнюється на молотковій дробарці 1 (рис. 1.1).

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Паномаренко В.В.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> <i>Несчетний Д.А.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування</b>	<b>230601.KP.01.013.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

Помел збирається в бункер 3 після зважування на вагах 2. Ділянка подрібнювання солоду продувається двоокисом вуглецю для видалення кисню.

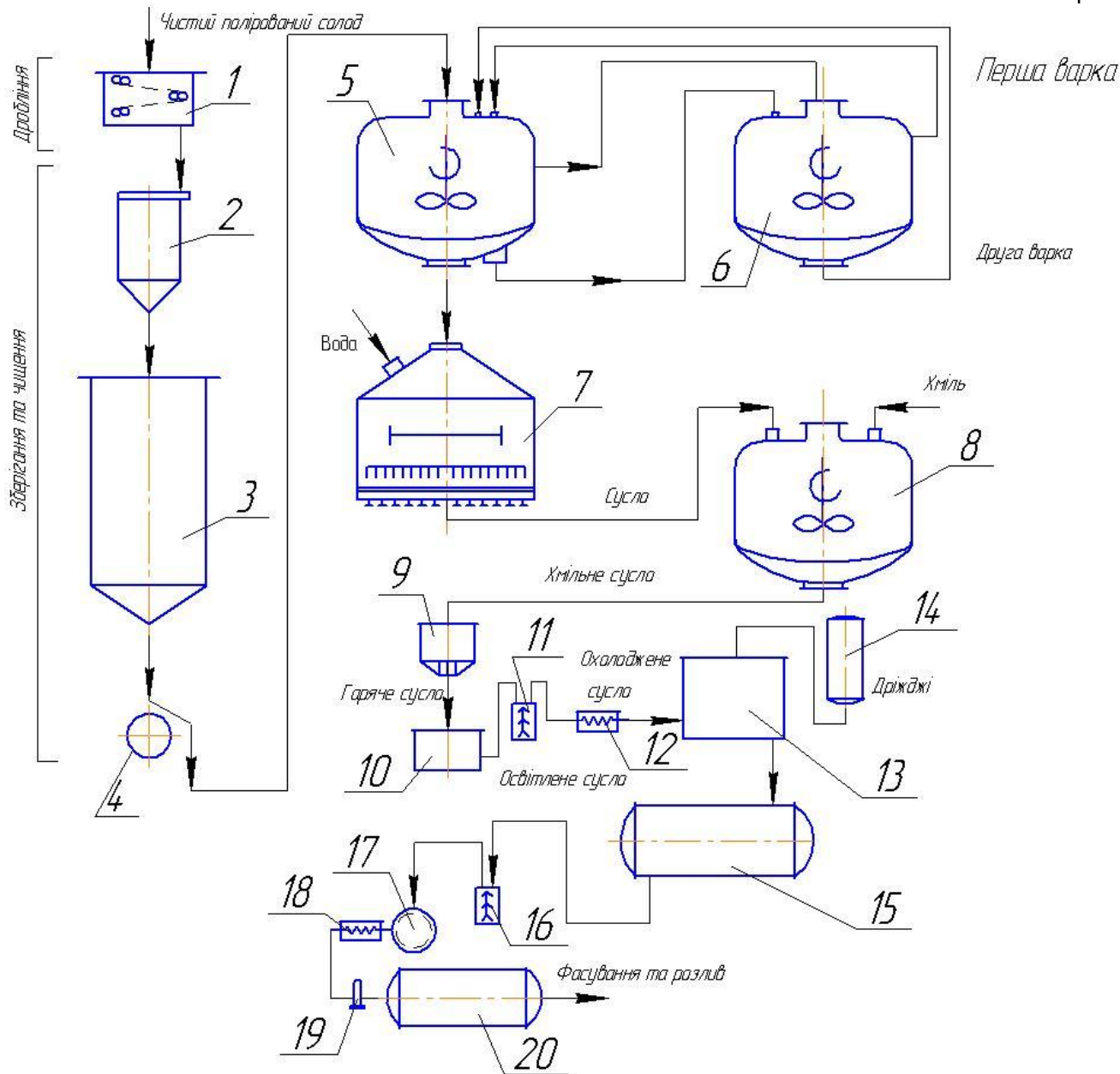


Рис. 1.1 Технологічна схема виробництва пива

Помел проходить магнітне очищення на магнітовловлювачі 4 та подається у заторний апарат 5, який обладнаний перемішувачем і двома зовнішніми поверхнями теплообміну з підводом пари.. На цій стадії в затор дозують допоміжні матеріали: солі, кислоту і т.п. В цьому апараті затор нагрівають до певних температур і витримують білкову, мальтозну і

оцукрюючу паузи в залежності від рецептури. По закінченню перемішування частина заторної маси перекачується у другий заторний апарат 6, де нагрівається до температури оцукрювання, а після закінчення до кипіння. При кип'ятінні великі частинки розварюються, потім першу варку повертають у апарат 5. Затор залишають у спокої для оцукрювання.

Як відомо крохмаль, що є складовою частиною солоду, дріжджі не зброджують, тому необхідно його попереднє розщеплення для утворення спирту.

Витримування затору при певних температурах дає змогу гідролізувати крохмаль до зброджуваних цукрів (мальтози, глюкози, мальтотриози) та декстринів під дією ферментів солоду (ос-амілази, Р-амілази).

Розщеплення білкових речовин також має великий вплив на якість пива. В залежності від температури утворюються низькомолекулярні білки, які використовуються дріжджами як джерело азоту, і високомолекулярні, які обумовлюють стійкість піни та смак пива.

Після чого готовий затор перекачують насосом у фільтраційний апарат 7, де рідка фаза (сусло) відділяється від твердої (дробини). Сусло збирається в пристрій для стабілізації потоку фільтрації, з якого за допомогою насоса подається в сусло варильний апарат 8.

Вода для промивки дробини подається із збірника.

Дробина після вивантаження фільтра зсипається в приймальний бункер, з якого за допомогою шнека та системи пневмотранспорту подається в бункер дробини, а потім шнеком завантажується на автомобільний транспорт.

В котлі 8 сусло нагрівається до температури кипіння. Хмельові продукти задаються в процесі кип'ятіння сусла із збірників-дозаторів за рахунок циркуляції сусла насосом.

Протягом кип'ятіння сусла в залежності від рецептури можливе додавання мальтозного сиропу.

Готове сусло подають насосом у хмелевідділювач 9, де виварені хмельові пелюстки затримуються, а сусло перекачується у збірник гарячого сусла 10. В цьому апараті сусло витримують 10-20 хвилин для осадження гарячого білкового осаду (трубу). Після витримки починають відбирати освітлене сусло з верхнього трубопроводу, а потім з нижнього. Білковий осад і залишки сусла відбирають з конусної частини седиментаційного апарату і насосом перекачують в збірник гарячого труба. Гарячий труб додають до затору перед фільтрацією для зменшення втрат сусла. Гаряче сусло зі збірника 10 подається у відцентровий тарілчастий сепаратор 11, у якому очищується від зважених частинок.

З сепаратора сусло нагнітається для охолодження в пластинчатий теплообмінник 12. В теплообміннику сусло охолоджується холодною водою до температури 10-13 °С.

Після охолодження сусло подається в бродильне відділення бродильний апарат 13. В потік сусла задається виробнича культура дріжджів у кількості 0,5-0,6 кг/гл.

Дріжджі дозують з збірників 14 зберігання виробничих дріжджів. При розведенні чистої культури (ЧК) дріжджів (після зупинки виробництва, заміні виробничих дріжджів і т.п.) використовують апарати чистої культури АЧК-1 і АЧК-2, де попередньо сусло стерилізують і охолоджують. При вирощуванні ЧК дріжджі аерують очищеним повітрям. Після накопичення необхідної кількості біомаси (50 млн/см) в АЧК-2 дріжджі задають в потік охолодженого сусла.

Сусло головного бродіння (молоде пиво) надходить в танк для доброджування 15. В ньому пиво зброджується при температурі 10-15 °С. Газу

бродиння (двоокис вуглецю) відводиться з апарата. У сучасних умовах використовують єдиний танк бродиння та доброджування – ЦКТ. Температура бродиння в ЦКТ підтримується за рахунок охолодження апарату гліколем через зовнішні поверхні теплообміну (3 пояси на циліндричній частині і 1 на конусі).

Після закінчення стадії бродиння молоде пиво перекачується в сепаратор 16 для відділення дріжджів та фільтр 17 . Якщо дріжджі планується використовувати для наступних засівів , то їх направляють в один із збірників для зберігання, де дріжджі перемішують і охолоджують до температури 3-5 °С. Якщо дріжджі не потрібні для наступних засівів або вони не відповідають вимогам виробничих дріжджів, то їх передають в збірник .

Пиво після видалення дріжджів охолоджують гліколем в теплообміннику до температури 0-2 °С , дозують препарат силікагелю з збірника приготування суспензії з допомогою дозуючого насосу і направляють в ЦКТ для витримки з метою стабілізації.

Пиво після витримування в ЦКТ направляють на дільницю фільтрації.

Фільтроване пиво насосом подається на карбонізатор 19, де пиво збагачується двоокисом вуглецю до необхідного значення.

Готове пиво зберігається в танках 20 фільтрованого пива до подачі в розлив.

У сучасних схемах виготовлення пива з використанням циліндрично-конічних танків ЦКТ знаходиться після теплообмінника, який охолоджує сепароване сушло з варильного відділення. Сушло перш ніж подати в апарат після теплообмінника аерується очищеним стерильним повітрям.

ЦКТ заповнюють сушлом у 2-3 прийоми по мірі надходження сушла з варильного відділення протягом доби. В апарат закачується сушло насосами, які знаходяться у варильному відділенні, на 2-3 % робочого об'єму, потім

додають сім'яні дріжджі. Далі вводиться решта суслу до повного заповнення робочого об'єму. В процесі бродіння використовують високоактивні дріжджі.

Знаходячись в апараті сусло зброджується і в перші 2 доби температура його може досягає 14 °С. Головне бродіння закінчується на 5-7 добу. Шляхом періодичного вмикання сорочок охолодження температура продукту підтримується в межах, які обумовлені технологічним процесом. Біля трьох діб у верхній частині ЦКТ підтримується температура 13-14°С, а в нижній зоні – 10-13°С. За таких умов апарат зашпунтовують і підтримують надлишковий тиск 0,04-0,05 МПа.

Після закінчення головного бродіння і зменшенню концентрації сухих речовин до 5% мас., кінчну частину апарату охолоджують до температури 2°С, при якій відбувається осадження дріжджів протягом 2 діб. Вмикається сорочка охолодження циліндричної частини ЦКТ для того, щоб довести температуру всього об'єму продукту до заданих умов, за яких настає стадія доброджування.

Після закінчення цього процесу починають видалення осівших дріжджів з нижньої частини ЦКТ у спеціальний збірник для зберігання за температури 0-1°С.

Пиво ж карбонізують та витримують в апараті ще 1-2 доби при температурі від 0°С до 5°С, охолоджують, фільтрують та подають на розлив або ще деякий час зберігають у форфасах.

Пиво з апарату випускається під тиском, який створює двооксид вуглецю, що утворюється у процесі приготування готового продукту.

По завершенню спускання пива апарат піддають обробці водою, миючими рідинами та розчинами.

На малюнку 1.2 показаний великий циліндр конічний танк промислового призначення, встановлений стаціонарно. Цифра 1 позначає майданчик для обслуговуючого персоналу, 2 вказує на купол (торосферичну верхню кришку) з розташованою на ньому арматурою. 3 – змонтовані під шаром ізоляції, труби: дренажна та захисна, для електричного кабелю. 4 – місце підключення термометра.

Цифрами 5, 6, 8 і 10 позначені зони охолодження, відповідно, для дображивання (верхня мала), бродіння (дві середніх) і конусна (нижня). У термосорочках циркулює крижана вода чи гліколь. Зовнішній кожух ізоляції показаний під номером 7. Позиції 9 і 9а – це з'єднання з клапанами для підведення холодоагенту (в даному випадку це рідкий аміак) та його видалення після випаровування. 11 - патрубок капсульний, в якому є технологічний люк DN450. 12 - кран для відбору проб. 13 - труба на купол. 14 - гідрозатвор (шпунт-апарат), для скидання тиску. 15 – рівневий датчик для захисту від переповнення.

Відношення висоти ємності до її ширини нормується в межах від 2:1 до 2,5:1. Хоча на ринку пропонуються інші пропорції (рис. 1.3). Кут у вершині конуса 60 – 90 град (значення вище 75 град зустрічаються рідко). Теоретично, максимальну висоту ємності слід робити більше 20 метрів. Інакше, гідростатичний тиск на дріжджі виявиться занадто високим, що пригнічуватиме процес бродіння. Однак, на великих заводах цієї вимоги далеко не завжди дотримується.

Мінімальний обсяг приймається 20 - 25 гектолітрів, інакше не запуститься процес прискороного виділення CO<sub>2</sub>. Насправді, застосовуються ємності від 10 до 35 куб. м., що відповідає потужностям середнього пивзаводу. На малих підприємствах вертикальні ЦКТ дозволяють ощадливо використовувати площу приміщень, за рахунок компактного розміщення обладнання.

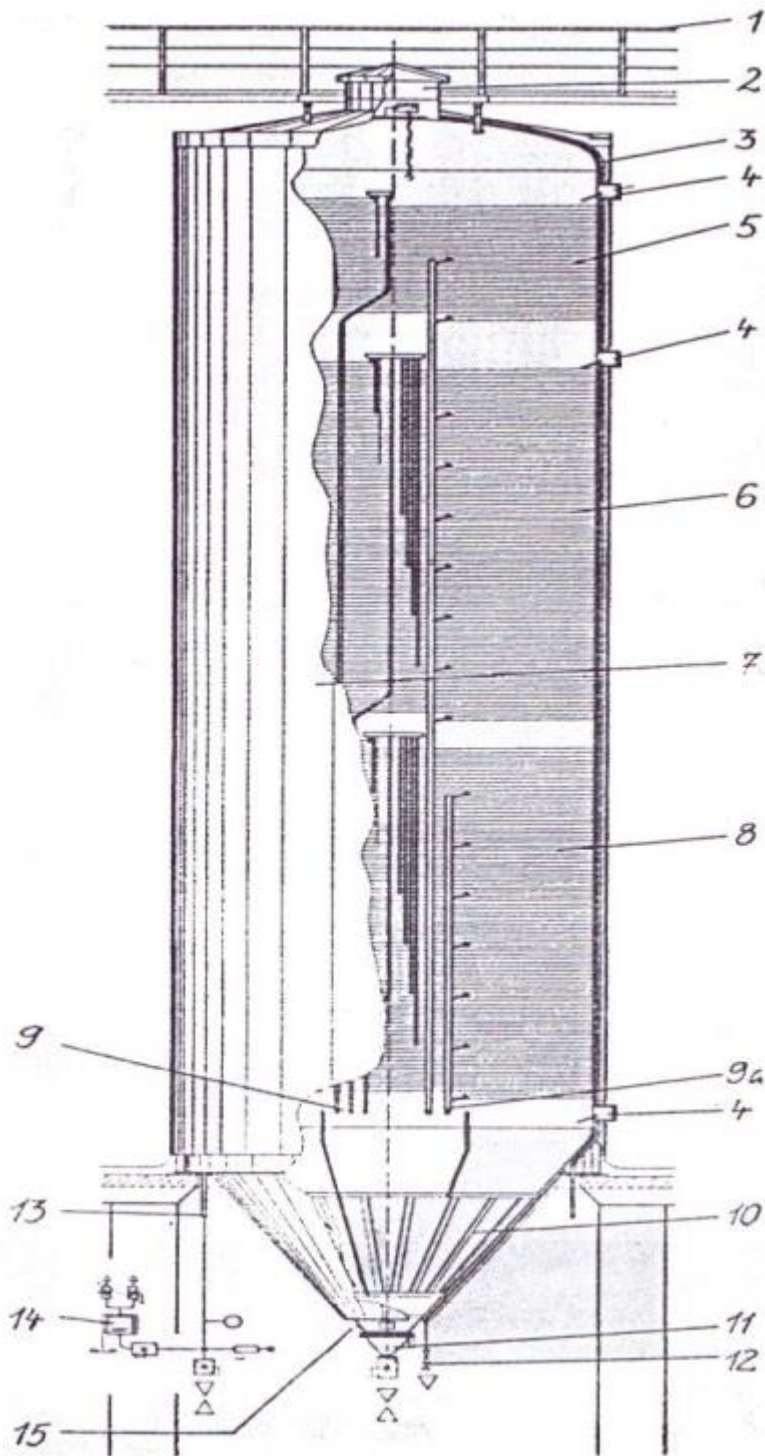


Рис. 1.2

Загалом обсяг ЦКТ повинен відповідати місткості сушваркового котла, плюс додаткова умова – за добу танк треба заповнити. При цьому від 18% до 25% внутрішнього обсягу залишають на підйом піни, щоб вона не заливала обладнання на куполі.

У промисловості ЦКТ виготовляються тільки з нержавіючої сталі. Найчастіше використовується DIN 1.4301, AISI 304 чи AISI 316L. Іноді для здешевлення конструкції застосовується AISI 430.

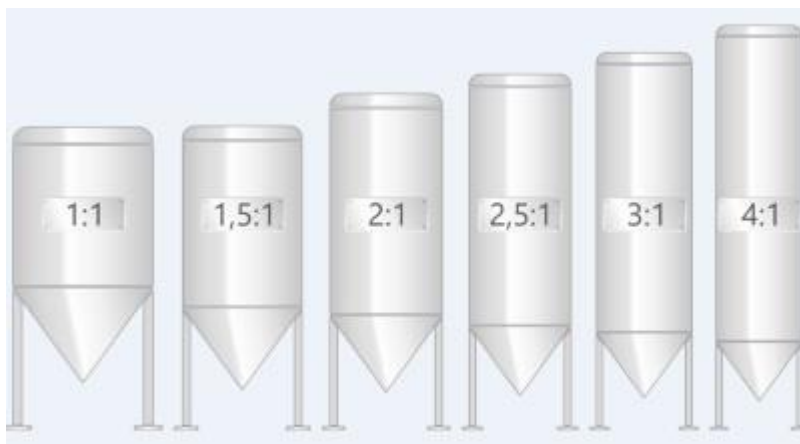


Рис. 1.3 Співвідношення розмірів ЦКТ

З параметрами ЦКТ можна ознайомитись на прикладі 1000-літрової моделі (рис. 1.4). При зазначеному номінальній, повна місткість становить 1250 л. При висоті 2600 мм, діаметр танка дорівнює 1130 мм. Відношення 2,3:1, що цілком відповідає рекомендаціям.

Для корпусу, зовнішньої оболонки, системи охолодження, трубопроводів, опор, електрощитового кронштейна, профілю рівнеміру та опорних дисків взята нержавіюча сталь AISI 304 або AISI 316. Болти та гайки (M16) на опорах зроблені з оцинкованої маловуглецевої сталі.

Система охолодження складається з двох незалежних контурів. Перший, із двох термосорочок, розташовується на обичайці. Друга, одна сорочка, змонтований на конусі. Напірні трубопроводи мають ДУ 15 мм, зворотні - 20 мм. У систему залитий пропиленгліколь.

Система керування танком підтримує заданий температурний режим автоматично. Для обичайки та конуса можуть встановлюватися різні значення. Основні прилади – вимірювачі-терморегулятори ТРМ1, Щ1.У.Р, що працюють від мережі з напругою 220В, частотою 50 Гц.



Рис. 1.4 ЦКТ в зборі

Є два температурні датчики ДТС045-50М та два виконавчі пристрої – 10-ватні соленоїдні клапани Danfoss EV220В, НЗ-ДУ-15, тип ВВ.

Арматура зроблена з нержавіючої сталі АІSІ304 або АІSІ316. До неї належать:

Овальний люк 440x310.

Гідрозатвор із манометром.

Кран для відбору проб.

Затвор для зливу пива.

Те саме, для дріжджів.

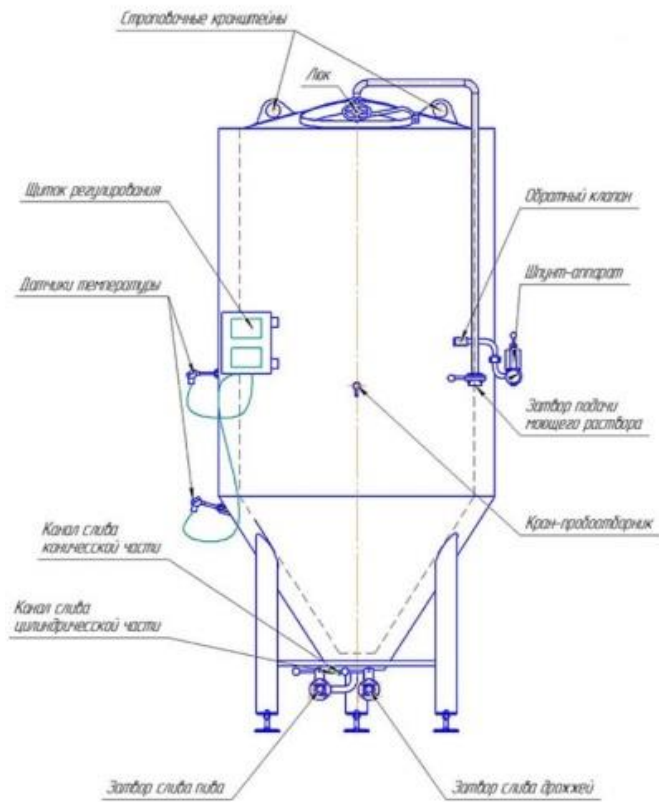
Головка миюча СІП-системи на 360 градусів.

Затвор для подачі CO<sub>2</sub> та миючого розчину.

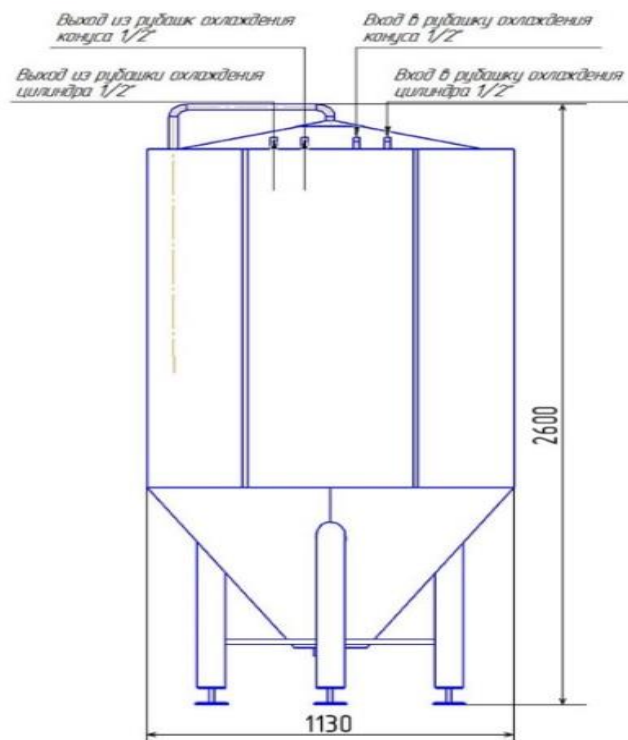
Вакуумний зворотний клапан.

Опори регулюються за висотою. Товщина листової сталі корпусу – 2,5 мм, зовнішньої оболонки – 1,0 мм. Обичайка та конус мають 80-міліметровий шар теплоізоляції з мінеральної вати або пінополістиролу. Зверху він закритий зовнішнім кожухом. Завантаження через люк обслуговування. Він робиться зверху чи збоку. Кришка – з ущільненням та гвинтовим затиском, для герметичності. Схематично, із зазначенням розташування основного устаткування, цей танк зображено на рис. ,1.5 а і б.

ЦКТ - це оптимальні, на даний момент, ємності для пивоваріння. З їхньою допомогою вдалося наростити обсяги промислового виробництва, за збереження якості напою. Наразі спостерігається тенденція до подальшого збільшення їх розмірів. Зростання габаритів вигідне, як в економічному, так і в технологічному плані. Але це не може тривати до безкінечності. Величина ЦКТ лімітується обсягом котла для варіння суслу та часом заповнення танка. А також іншими вимогами: збільшення споживання холоду, можливості транспортування від виробника до замовника та інші.



а



б

Рис. 1.5 ЦКТ та зображення основного обладнання

Для миття ЦКТ потрібно мати миючий розчин, або миючу станію.

CIP-мийка (CIP, Cleanning in Place, в буквальному перекладі — «чистота на місці») або CIP-станція — це спеціальний модуль, зроблений з нержавіючої сталі. З його допомогою виконується очищення технологічного обладнання без розбирання складових. Це необхідна умова для забезпечення високої якості кінцевого продукту та, як наслідок, відсутності рекламаций. Крім того, застосування CIP-мийки збільшує тривалість роботи агрегатів та трубопроводів, зменшує втрати сировини, знижує витрати на миючі засоби та воду, підвищує екологічність підприємства.

На побутовому рівні «чистота» — досить відносне поняття. Якщо ж йдеться про технологічне обладнання, то він має точні визначення. Вони характеризуються такими параметрами.

Чистота буває:

Фізична. Є прибиранням з поверхні видимих забруднень. Якість миття визначається візуально.

Хімічна. Досягається видаленням органічних та неорганічних забруднень, через які з'являються сторонні запахи, змінюються смакові властивості кінцевого продукту.

Біологічна. Проводиться дезінфекція, після чого патогенні бактерії, як і більшість інших мікроорганізмів, гинуть.

Стерильна. Знищення всіх видів мікроорганізмів.

CIP-станція забезпечує видалення забруднень із досягненням перших трьох ступенів чистоти. SIP (Sterilization - in -Place) Стерилізація - це заключний етап миття системи, який проводиться при необхідності її подальшої стерильної упаковки.

У процесі миття технологічного обладнання, для досягнення механічного, термічного та хімічного ефекту видалення забруднень, беруться до уваги такі принципи та характеристики:

Час. Впливає інтенсивність впливу. Його точне визначення забезпечує якісне очищення поверхонь, зводить до мінімуму витрату води та миючих засобів, збільшує термін роботи обладнання. Час задається програмою і зазвичай знаходиться в інтервалі 0,5,, 1,0 год.

Температура. Від неї також залежить інтенсивність перебігу хімічних реакцій та досягнення заданого ступеня чистоти. Для підтримки СП-станція оснащується спеціальним теплообмінником. Температура миючого розчину найчастіше встановлюється в межах 80,, 90 град.

Хімічний склад та концентрація реагентів. Компоненти миючого розчину вибираються відповідно до характеру забруднень. Якщо в обладнанні є органічні залишки (білки, жири, вуглеводи), то застосовуються 2% розчини лугів NaOH. За наявності неорганічних забруднень - 0,5-1,0% азотна та фосфорна кислоти, солі магнію та кальцію.

Швидкість руху потоку та його тиск. Цей параметр впливає на рівень механічного впливу. Під час миття внутрішніх поверхонь танків, достатня турбулентність потоку і ударна сила струменя забезпечується правильним вибором пристрою, що розбризкує (миюча головки), напору і витрати рідини. Якщо параметри потоку і час впливу, встановлені для душової (кульової з круглими отворами) головки прийняти за 100% кожен, то для щільної голівки, що обертається, вони будуть, відповідно, 60% і 70-75%. А для струминної головки, що обертається, — 30% і 40-50%. Швидкість та турбулентність потоку більш важливі при миття трубопроводів. Для якісного очищення стінок рекомендується, щоб рідина, що миє, рухалася з **мінімальною швидкістю 1,5 м/с**. Точне значення залежить від діаметра умовного проходу труби. Тому трубопроводи та ємності миються окремо, за різними програмами, які задають для кожної ділянки «свій» режим.



Рис.1.6 Загальний вигляд СІП-мийки

### **Миючі головки, форсунки для очищення ємкостей**

Часто у виробничих процесах зустрічається завдання очищення ємності. Так як, часто, людині в ємність доступ обмежений, для процесу очищення застосовуються миючі головки або форсунки для очищення ємності. Дані вироби поділяються на ротаційні та статичні. Ротаційні форсунки у своїй конструкції мають елемент, що обертається, який більш ефективно (без пробілів) розподіляє водяний потік по ємності. Простішим рішенням є статичні миючі головки (форсунки для миття ємності), вони зазвичай мають кулясту форсу з безліччю отворів.

Миючі форсунки застосовуються в таких сферах та галузях. Очищення ємностей, що використовуються в періодичному процесі; Очищення бродильних ємностей; Очищення ємкостей; Очищення лакировальних ємностей; Очищення шламовідстійників; Очищення бочок і відстійників; Очищення підводних ванн; Очищення змішувачів.

Очищення ємностей у харчовій промисловості; Очищення ємностей у фармацевтичній промисловості; Очищення ємностей в хімічній промисловості.

Очищення внутрішніх поверхонь машин; Очищення бочок; Очищення барабанів; Очищення цистерн; Очищення ємностей для хімікатів; Очищення циліндрів; Очищення трубопроводів; Очищення котлів.

Очищення автоцистерн або контейнеровозів; Очищення баків з обробляють розчином, змішувачів і відстійників; Очищення ємностей для фарби; Очищення реакторів; Очищення заглибних ванн

Залежно від принципу промивання, форсунки діляться на дві групи - ротаційні і статичні. (Обертаються і стаціонарні миючі головки).

**Ротаційні миючі головки** (обертові розпилювальні форсунки).

### ***1.Миючі головки з вільним обертанням***

Миюча рідина приводить в обертання розпилювальну миючу голівку за допомогою спеціально спрямованих сопел і реактивної сили використовуваної рідини. Бруд розчиняється завдяки швидко повторюваної подачі рідини і змивається з поверхні ємності. Оптимальний ефект при низькому тиску. Підходить для малих і середніх ємностей.

### ***2.Миючі головки з ротаційним гальмуванням***

Миюча рідина призводить розпилювальну миючу голівку в рух за допомогою що знаходиться всередині неї приводного турбінного колеса. Завдяки цьому число обертів навіть при великому тиску залишається в оптимальному діапазоні, і миюча форсунка досягає ще більшої сили розпилення і дальності дії миючої струменя, що дозволяє досягти високого ефекту очищення.

### ***3. Миючі головки з керованим механізмом***

Через турбінне колесо миюча рідина надає руху знаходиться всередині механізм, який змушує обертатися розпилювальну миючу голівку на двох рівнях. Протягом циклу мийки, розбризкує струмені рідини по запрограмованої специфічною для моделі схемою проходять по колу по всій поверхні ємності. Для цього потрібен певний мінімальний час. Дані моделі проводять високий тиск струменя і ідеально підходять для великих ємностей і найважчих завдань по мийці.

**Статичні миючі головки** - це жорстко закріплені обприскують спрейти. Зафіксовані статичні розпилювальні миючі головки не обертаються, і тому потребують значно більшої кількості миючої рідини для виробництва турбулентного потоку. Статичні кульові мийні головки (спрей-бол), струменеві спрейти насамперед використовуються для звичайного прання невеликих ємностей. Мийка ємності досягається за рахунок стікання по стінках ємності великого потоку миючого середовища. Всі форсунки даного типу працюють при низькому тиску і середньому тиску, з використанням відцентрових насосів. Для монтажу статичних миючих головок в основному використовуються шпінти (шпінтвое з'єднання).

Всі форсунки для мийки ємностей діляться на п'ять класів ефективності:

*Перший клас миючих головок* - ополіскування

- статичні миючі головки, спрейти, миючі кулі.
- форсунки для промивання малих ємностей, до 1 метра в діаметрі:



Другий клас миючих головок - ополіскування і очищення від легкої і середньої забрудненості

- щілинні миючі головки вільного обертання
- миючі форсунки для мийки малих ємностей і великих резервуарів, танків, сип-мийка.



Третій клас миючих головок - очищення від легкої і середньої забрудненості

- форсункові миючі головки ротаційного типу
- форсунки для очищення середніх забруднень в ємностях до 3 м в діаметрі, для розпилення піни, можливість роботи у вибухонебезпечних умовах.



Четвертий клас миючих головок - очищення від середньої і стійкою забрудненості

- ротаційні миючі головки з контрольованим обертанням, що обертаються розпилювальні форсунки
- миючі головки для очищення резервуарів, сильних забруднень і великих танків



П'ятий клас миючих головок - очищення від стійкого бруду і нальоту

- нержавіючі миючі головки мають чотири цельноструйних сопла, вбудована турбіна, робота з рідинами до +95 градусів
- форсунки для найскладніших забруднень для ємностей діаметром до 24

М



Плюси застосування миючих головок:

- Економія часу циклу мийки
- Економія споживання води, а відповідно витрат на мийку
- Довговічність використання
- Висока якість очищення
- Сумісність з широким спектром обладнання
- Універсальність

Комплектація циліндроконічних бродильних апаратів і навіть більшою мірою впливає на вартість ємності, ніж її розмір. Багато виробників

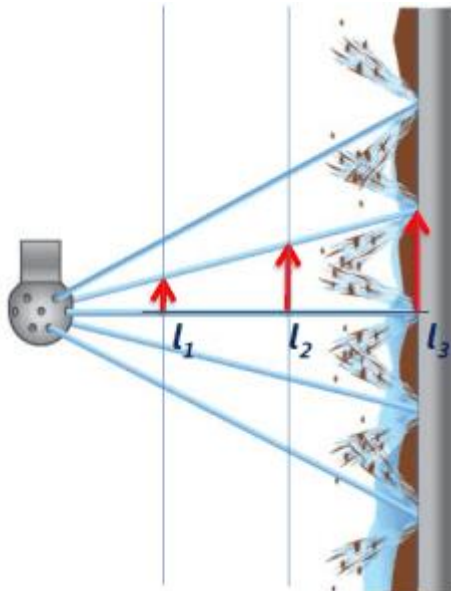
ферментерів приділяють увагу вибору миючої головки в останню чергу і за залишковим принципом. Всі вважають, що систему внутрішнього миття конусного танка все-одно доведеться доводити до розуму самому замовнику в процесі експлуатації. Більш дорога заміна вже закладеного спочатку бюджетного варіанту сприймається замовником як невинуватена витрата.

Підведення миючої рідини в конічному апараті може здійснюватися, і найчастіше відбувається через верхню купольну арматуру, в нижній частині також можуть встановлюватися мийні форсунки. Сама система безрозбірного миття побудована на поєднанні впливу хімікатів, води (іноді й пари) різних температур через мийне пристосування всередині ємності та дозволяє очищати танки та трубопровідну мережу. СП миття ЦКТ має важливе значення в тих галузях, де дуже високі гігієнічні вимоги, таких як харчова промисловість, біотех та фармацевтика, виробництво пива та безалкогольних напоїв.

Невеликі ємності для бродіння пива, наприклад, у домашніх, крафтових міні-пивоварнях прийнято обладнати сферичними миючими насадками (спрейбол-мийна куля). Такі міні-танки, як правило, мають висоту циліндричної частини до 1,5 м, а діаметр до 1 м. Там застосування статичних душових мийних насадок цілком виправдане, так як струмені кулі досягнуть значної поверхні із забрудненням, решта може досить успішно відмита за рахунок стікання.

*Але чим більше діаметр ємності (висоту теж необхідно враховувати), тим більше стає відстань між місцями впливу струменів і ефективність миття знижується.* Великі бражні колони з конічним дном ЗАВЖДИ повинні комплектуватися струминними головками, що обертаються, але потрібно правильно підібрати їх тип! В основному, такий тип головок у більшості виробників БАЦ, ЦКБА, ЦКТЛ, ЦКТБ міцно асоціюється зі звичайною головкою, що обертається, щілинного типу (наприклад, NIOB 5322, AlfaLaval SaniMidget, AWH NEUMO Tanko S). Принципова відмінність спреїбола від будь-якої головки з обертанням полягає у способі механічного впливу. Струмені кулі руйнують бруд тільки в місці контакту, а ротаційна головка ж генерує краплі більшого розміру і постійно як скребком йде по стінці ємності. І

той і інший струмінь зі збільшенням відстані або тиску розпадається, але кінетична енергія краплі щільної головки вже набагато більша, ніж у статичної.



Миючі головки для миття ЦКТ різних діаметрів

На таблиці нижче показаний зразковий підбір форсунок для циліндроконічних танків, виходячи з діаметра ємності. На більш точний вибір впливатимуть тип забруднення та проблемні місця, висота та інші фактори.





Форсуночні мийні голови 3-го та 4-го класу мають ще більшу краплю, ніж 1 та 2 класи, що дає ще більшу ударну силу. А за рахунок конструктивних інновацій, плоскі струмені мають акцентовану спрямованість.

Різні дріжджові відкладення/забруднення в процесі ферментації являють собою серйозний виклик для мийної головки і всієї системи СПІ миття танків бродіння з конічним дном. Їх можна розділити на два типи: дріжджова піна та дріжджова плівка.

Вибір мийної головки для ЦКТ має в ідеалі здійснюватись на етапі проектування ємності. Для цього в допомогу інженерам-проектувальникам завжди є докладна інформація про кожну головку, їх 3D CAD моделі, візуалізацію їх роботи в програмі TankClean, яка дозволить побачити можливі тіньові зони.

***Алгоритм підбору форсунки для санобробки конічних танків досить простий:***

- Дивимося габарити ємності, особливості внутрішньої конструкції.
- Аналізуємо поточні проблеми з миттям (де накопичуються залишки сула, нарости піни, частинки дріжджової плівки). Або з'ясуємо, який продукт перебуватиме у ЦКТ, у кожного напою свої зони та форми контамінації.

- Визначаємо клас миючої головки. Розраховуємо, чи вистачить однієї насадки чи потрібно дві. Чи є необхідність додаткового промивання днища (для високих ферментерів).
- Співвідносимо продуктивність головки з можливостями насоса, діаметрами зливних трубопроводів (адже вони також вимагають промивання і сприятиме рівномірному зливу з танка в процес санобробки).
- До речі, автор широко відомої «Біблії пивоварів», книги «Technology Brewing & Malting» (перше видання вийшло 1961 року), Вольфганг Кунце дає конкретні рекомендації щодо продуктивності миючої головки залежно від діаметра резервуара.
- Для промивання ЦКТ необхідно мати витрату мийного розчину (P) на рівні 3000 л/годину на 1 м кола (O).

## **1.2 Обґрунтування актуальності дослідження, формулювання мети та завдання дослідження**

Для попередження осідання інфекційної мікрофлори на днище та на стоці з конуса середня величина шорсткості матеріалу, з якого виготовлено ЦКТ, повинна бути низькою. Це стосується і зварних швів, які піддаються ретельній шліфовці, щоб попередити накопичення в них мікрофлори. Внутрішній простір танка необхідно перевіряти на наявність інфекції та використовувати миття та дезинфекцію.

Дослідження ефективності витрати миючого розчину на очищення внутрішньої поверхні ємкості є доволі актуальними. Вибір раціональної схеми миючої головки дозволить скоротити витрату миючого розчину, витрату електроенергії за рахунок того, що розчин буде використано по призначенню. Мається на увазі той аспект, що якщо розчин буде направлено в зону мийки, рідини буде використано менше, а отже і зменшиться енергія на її

перекачування. Оскільки непродуктивні витрати миючого розчину значні, що пояснюється тим, що миюча головка ротаційного типу розбризкує розчин не тільки на стінки танку, але частина рідини в моменти направлення сопла форсунки вниз, або вгору просто витрачається непродуктивно. Час перебування сопел миючої головки коли вони направлені вниз конічного танку складає від 5 до 10 %. Це є той резерв, який можливо використати та зекономити витрати на цю величину. Тому дослідження такого плану є актуальними та економічно вигідними.

Для покращення відмивання від бруду соплові отвори миючих головок повинні бути оптимальних геометричних розмірів з відповідною обробкою поверхонь та мінімальним гідравлічним опором. Такі дані можна отримати при CFD моделюванні процесу розпилення.

**Метою роботи** якраз є знаходження оптимальних розмірів та форми соплових отворів, при яких досягається мінімальні гідравлічні втрати, а отже і ефективність відмивання максимальна.

**Завданням досліджень** є а основі аналітичного огляду конструкцій миючих головок запропонувати раціональну конструкцію та дослідити її за допомогою імітаційного моделювання, встановити раціональні перерізи соплових каналів та запобігти нераціональному використанні миючого розчину.

### 1.3 Висновки

На основі аналізу літературних джерел, практичного досвіду, який отримав при проходженні практики та побажань спеціалістів підприємства зроблено наступні висновки:

1. Втрати енергії на перекачування миючого розчину достатньо значні та становлять 5...10% від загальної витрати енергії, що пояснюється нецільовим використанням розчину при направленні сопел миючої головки вгору, або нижню частину ємкості.

2. Для встановлення раціональних параметрів соплових отворів необхідно провести дослідження по встановленню раціональної форми та розмірів соплових отворів миючої головки.

3. Розробити конструкцію миючої головки з врахуванням того, щоб виключити можливість такого положення, при якому струмінь рідини направлений вниз, або вверх ємкості та не потрапляє на стінку посудини.

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

### 2.1 Постановка завдань нового технічного рішення, визначення необхідних технічних параметрів, розробка і опис нового технічного рішення, устрій та принцип його роботи

Спиртове бродіння цукрів сусла під дією ферментів дріжджів є основним процесом у виробництві пива. Тому головне бродіння і доброджування стали актуальними проблемами виробництва. Ці процеси здійснюються по двом схемам:

- періодичною – з розподіленням процесу головного бродіння і доброджування;
- прискорений – з суміщенням цих двох процесів у одному циліндро - конічному бродильному апараті (ЦКБА).

Специфічною задачею ЦКБА є підтримання оптимальних температур протягом бродіння та доброджування, герметичність, створення та підтримання необхідного тиску, виробнича чистота та інші вимоги. При висоті стовпа зброджуючого сусла в ЦКБА висотою 7 – 20 м спостерігається сильна конвекція сусла, що викликана виділенням та переміщенням вгору двооксиду вуглецю, рухом теплових потоків.

Прискорений періодичний спосіб полягає в тому, що у циліндричному бродильному апараті зі швидким керуванням седиментації та виводом з нього дріжджів, які осіли, суміщені головне

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Панамаренко В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> Несчетний Д.А. <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Розробка нового тех. Рішення</b>	<b>230601КР.02.013.ПЗ</b>			
			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

бродиння та доброджування, прискорене дозрівання (витримка) та освітлення пива, а також систематично здійснюється перемішування сусла, що зброджується, спочатку током стерильного повітря, а потім двооксиду вуглецю та збільшується кількість посівних дріжджів до 2 л на 1 гл сусла.

Бродильний апарат попередньо дезінфікується та стерилізується, а потім в нього подають охолоджене сусло. Температура бродиння світлих сортів пива 3..4°C, темних 4..5°C. Максимальна температура бродиння 9°C.

Після закінчення бродиння, коли дріжджі починають осідати, конус апарата охолоджують, що прискорює процес осідання. Пиво в апараті знаходиться під тиском 0,15 МПа, дріжджі при цьому підпресовуються та при відкритті вентиля витискуються у вигляді густої маси, через гумовий рукав подаються у дріжджову ванну, де зберігаються.

Бродіння 12%-кового сусла триває 8-10 діб, потім триває період дозрівання (3 доби) з біохімічним перетворенням ряду речовин, які є в букеті молодого пива.

Потім пиво повільно охолоджують до 1..0°C та обробляють (карбонізують) двооксидом вуглецю під тиском 0,14 МПа протягом 12 годин та наступні 12 годин витримують в спокої для осідання дріжджів та освітлення. Під тиском 0,17 МПа пиво з апарата через фільтр подається на розлив.

Превага цього методу в суміщенні процесу головного бродиння та доброджування, систематичне перемішування сусла, що зброджується, використання дріжджів низового бродиння, простим їх виведенням із апарата.

Тема проекту представлена модернізацією циліндро-конічного бродильного апарату (ЦКБА). Конструкції ЦКБА мають незначні відмінності, взагалі ж різниця існує лише у дрібно вузлових деталях (шпунт апаратах, миючих пристроях тощо).

Розробкою конструкцій ЦКБА займалися, як і в нашій країні, так і за кордоном. Головним чином цей апарат розраховано на процес основного бродіння із застосуванням пивних дріжджів низового бродіння, але й існують конструкції, які розраховані на використання дріжджів верхового бродіння.

**Важливе значення надається етапу виробництва, при якому проводиться санітарна обробка апарату.** Оскільки при недостатньому митті розвиваються сторонні мікроорганізми, то необхідно встановити продуктивний та надійний миючий пристрій. Це питання дуже важливе в наш час.

Використовують миючий апарат, який складається з двох основних вузлів: розподільчої головки та двох колекторів, оснащених соплами. Розподільча головка кріпиться до патрубку верхньої кришки апарата, через яку до колектора підводиться миюча рідина. Головка обертається на підшипниках. Колектори, які виконано з труб діаметром 50-76 мм, прикріплені до головки.

На колекторах встановлені сопла таким чином, щоб рідина, що з них виходить, мила всю поверхню апарата. Конструкція виконана таким чином, що дозволяє змінювати кут нахилу сопла при налагодженні. На кінцях колектора встановлені сопла, при виході рідини з них реактивні сили створюють крутній момент, який обертає головку. *При тиску води 0,01 МПа колектори роблять 20 об/хв.. процес миття триває приблизно 50 хвилин.*

ГОСТ 14806-80-Т1-2

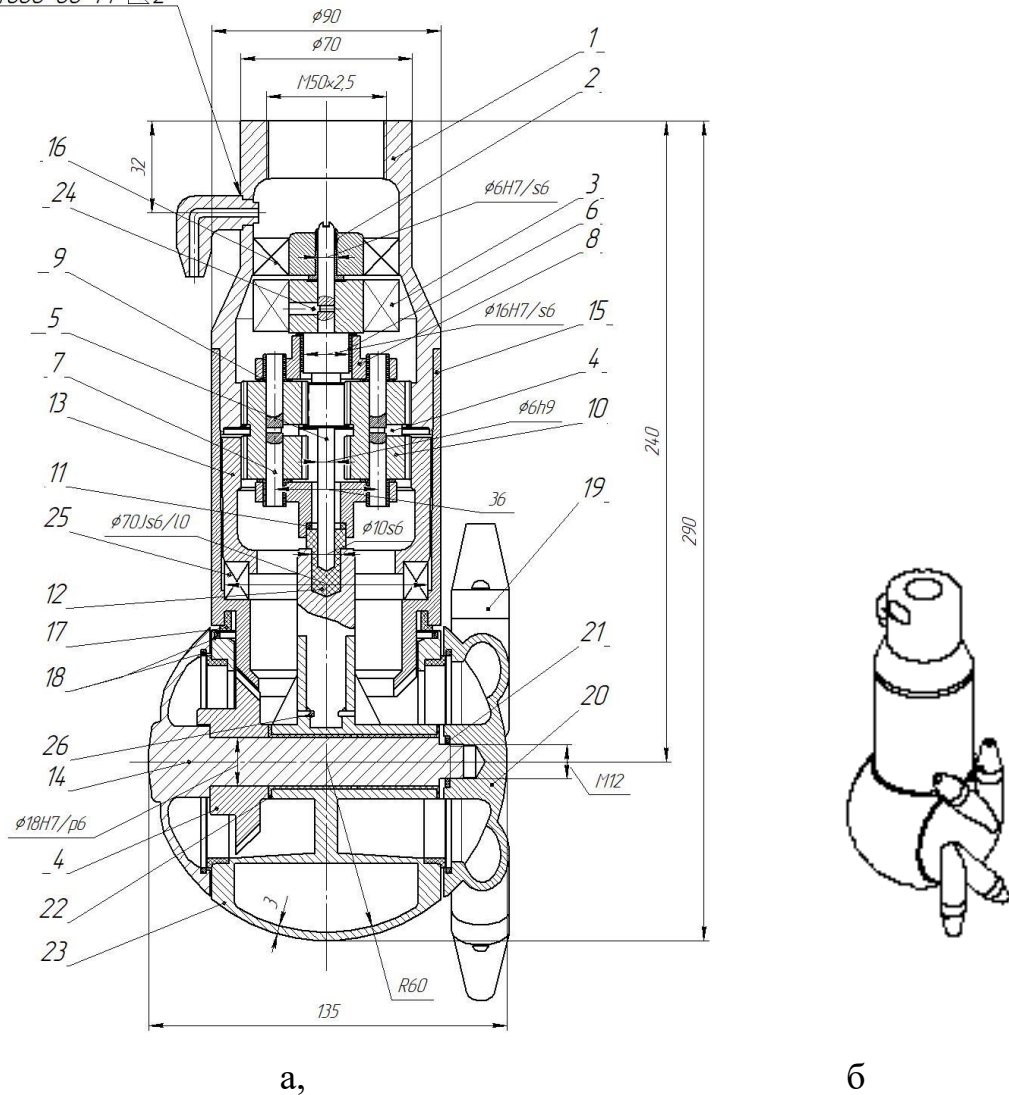


Рис.2.1 Реактивна миюча головка стандартна:  
а – конструкція головки, б – просторова модель

Для миття бродильних апаратів використовують також миючі головки, які працюють по принципу сегнерова колеса

Форсуночна миюча головка має в корпусі вал, що обертається з двома насадками. На валу прикріплена конічна шестерня, яка обертається навколо вертикальної осі по нерухомій конічній шестерні. Миюча рідина подається під тиском 0,6..0,7 МПа.

Кільцева миюча головка складається з кільця, яке за допомогою корпуса з підшипником з'єднано з патрубком. Отвори розташовані на вигнутій поверхні. При подачі рідини через ці отвори створюється

миючий ефект. За допомогою рідини, що виривається з отворів на боковій поверхні кільця при роботі головки створюється обертальний момент.

Також використовують сферичні миючі пристрої.

У проекті представлено миючу головку реактивного типу.

У такому пристрої потік миючої рідини проходить через турбіну, що всередині пристрою і настраюється на обертання. Через зубчасту передачу обертання передається миючій головці.

Обертальний рух корпусу пристрою та форсунок забезпечує повну чистку всієї поверхні апарату. Миття корпусу відбувається протягом 7 циклів, маршрут руху головки повторюється з невеликим зміщенням і у кінцевому рахунку охоплює всю поверхню апарата. Встановлюється миюча головка в верхній частині апарата, як показано на рис. 2.2.

Кількість циклів, необхідних для правильної очистки, залежить від типу забруднюючої речовини. Для речовин, які легко робляться рухомими, тобто легко видаляються, може бути достатньо одного циклу. Тоді, як для видалення більш в'язких, липких речовин потрібен більш частий маршрут або більша кількість циклів. На рис. 2.3 показана траєкторія руху струменя рідини під час миття ЦКТ ротаційною головкою 5 класу.



Рис. 2.2 встановлення миючої головки



Рис. 2.3 Траєкторія руху рідини ротаційною миючою головкою

*Найбільш поширена схема миття:*

- Промийте: звичайна або стічна вода, щоб змити найгрубіші забруднення з поверхонь.
- Лужне миття: використовуйте м'який розчин, наприклад 1% розчин гідроксиду натрію, щоб видалити більшість забруднень.
- Друге полоскання: Продовжуйте мити чистою водою, щоб змити залишки лугу. Пізніше цю рідину можна знову використати для полоскання.
- Кислотне промивання: розчин слабкої кислоти нейтралізує залишки лугу та видалляє мінеральні залишки з поверхні.
- Остаточне полоскання: Остаточне полоскання чистою водою або полоскання, яке не використовується повторно.

Ця послідовність підходить не для кожного застосування, але її можна змінити відповідно до вимог до очищення, а вибір очисного розчину вплине на повторне використання середовища, а ефективне промивання може продовжити термін служби ємкостей.

### Загальні умови експлуатації

A- Розташуйте форсунку(и) для миття ємностей горизонтально по центру ємності приблизно у верхній чверті.

B- Залежно від типу форсунки та системи трубопроводів безпосередньо над форсункою виникає ділянка, що не омивається рідиною.

C- відстань до стелі ємності – біля  $\frac{1}{4}$  зони дії форсунки. Потрібно передбачити достатню подачу рідини на верхню частину стінки ємності.

D- Нижня частина стінки ємності омивається найсильніше.

E- Стояча вода зменшує ефективність струменя та сприяє осадженню твердих речовин. Забезпечте вільний злив.

F- Найбільша відстань виходить від форсунки до нижнього кута. Форсунка має бути розрахована на таку дальність дії (рис. 2.4).

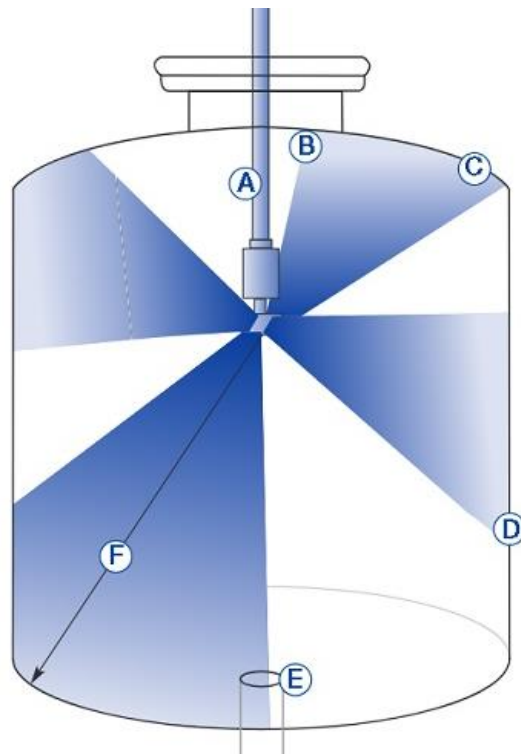


Рис. 2.4 Зона дії ротаційної форсунки

Швидкість обертання турбіни залежить від напору, який проходить через головку. Чим вищий рівень напору, тим вище швидкість обертання.

Для регулювання кількості обертів на хвилину миючого пристрою для широкого діапазону напорів, пропонується використовувати різні турбіни у відповідності з розмірами форсунок. На рисунках представлені залежності для миючих головок з чотирма форсунками діаметром 3,9 мм.

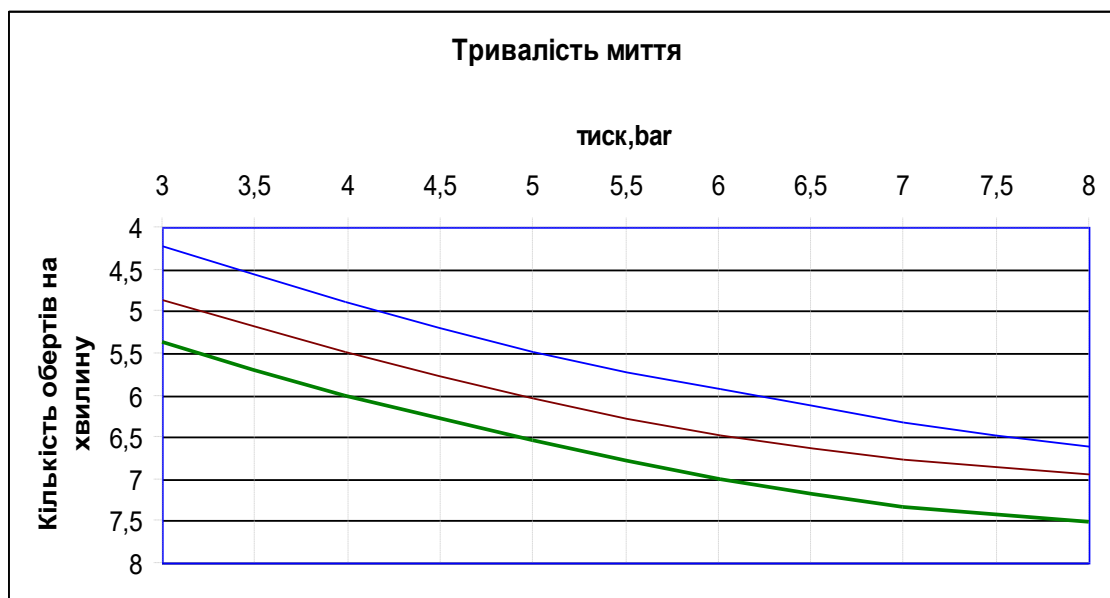


Рис. 2.5 Графік зміни кількості обертів від тиску на вході

Рекомендується встановити такий тип клапана гідравлічної часини насоса, який може попередити гідравлічні удари, які в свою чергу можуть стати причиною суттєвого пошкодження всього пристрою.

Необхідно уникати гідравлічних ударів, поступово збільшувати тиск. *Тиск на вході не повинен перевищувати 8 бар.* Високий тиск на вході у поєднанні з великою витратою миючої рідини збільшує зношування деталей. Залежність напору від тиску представлена на графіку рис. 2.6.

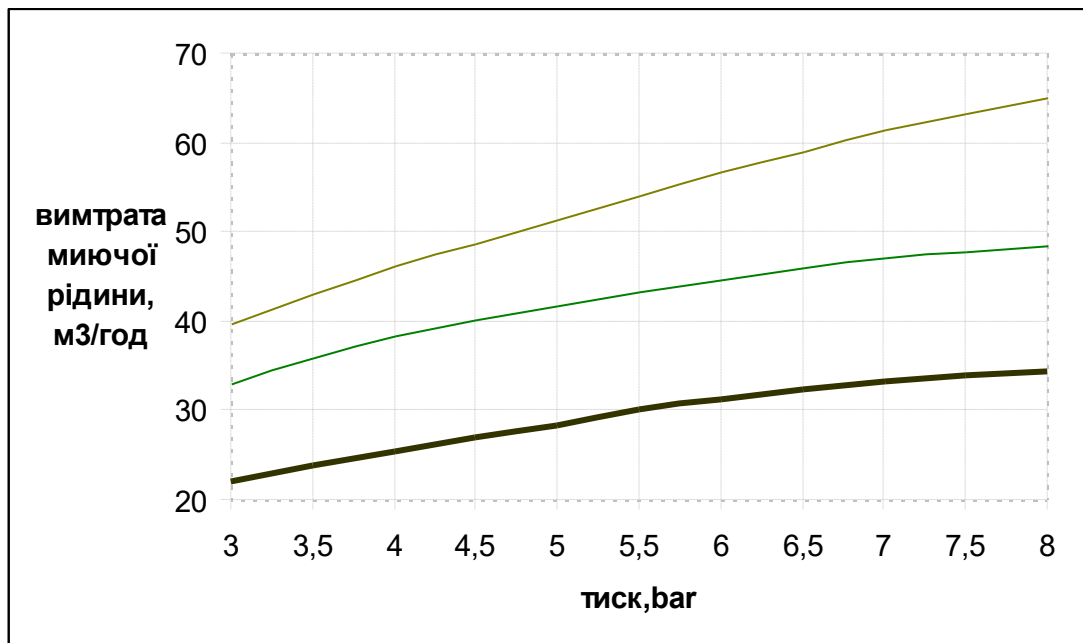


Рис. 2.6 Залежність

При роботі миючої головки створюються коливальні рухи, оскільки трубопровід, що спускається у апарат довжиною 2м і консольно закріплений.

У результаті отримуємо, що чим більший тиск на вході та діаметр форсунки, тим більший потрібний напір рідини, більша довжина ходу, але кількість обертів головки збільшується при меншому діаметрі форсунок.

### **Опис пропозиції з модернізації апарата. Конструкція та принцип дії.**

Сучасний циліндро-конічний танк виготовляють із нержавіючої сталі з полірованою внутрішньою поверхнею. Їх виготовляють з верхньою циліндричною частиною та нижньою – у вигляді конуса. Така форма дає можливість добре та повністю відділяти від пива дріжджі, що осідають, а також покращує спорожнення та мийку танків. Нижня частина конусного днища виконана з'ємною для очищення та миття, а також для візуального огляду апарата після дезінфекції. Через люк на верхній кришці всередину апарата входить труба зі встановленою на ній миючої головки.

По завершенню спускання пива апарат піддають обробці водою, миючими рідинами та розчинами.

Для попередження осідання інфекційної мікрофлори на днище та на стоці з конуса середня величина шорсткості матеріалу, з якого виготовлено ЦКТ, повинна бути низькою. Це стосується і зварних швів, які піддаються ретельній шліфовці, щоб попередити накопичення в них мікрофлори. Внутрішній простір танка необхідно перевіряти на наявність інфекції та використовувати миття та дезинфекцію. Тому темою курсового проекту обрано модернізацію миючої головки ЦКТ, яка дозволить здійснити якісну підготовку обладнання до здійснення нового циклу у виробництві пива.

Пристрій необхідно встановлювати у вертикальне положення. Рекомендується встановлювати фільтр у трубопроводу для підведення, щоб попередити закупорювання пристрою великими частинками та накипом. Необхідно попереджувати потрапляння твердих частинок (піску) у миючу рідину, оскільки це збільшує зношування.

Після проведення очищення пристрій промивають холодною водою. Не дозволяється висихання миючої рідини у системі головки, оскільки це може призвести до кристалізації та накипоутворенню. Якщо миюча рідина містить леткі хлористі розчинники, то не рекомендується промивати пристрій водою після використання цього середовища, оскільки це може призвести до створення соляної кислоти.

Після проведеного літературного огляду конструкцій та принципів миття циліндричних оболонок пропонується наступне.

1. При використанні мийної головки ротаційного типу з'являються непродуктивні втрати, що пов'язано з тим, що частину часу соплові отвори направлені вниз, відстань до стінок достатньо велика (майже 5 м), що не гарантує якості відмивання, а лише є непродуктивними втратами.

2. Удосконалити конструкцію ротаційної мийної головки 5 класу виконання шляхом забезпечення обертового руху сопел форсунок в

горизонтальній площині. Причому соплові отвори повинні бути виконано щілинними, а напрямлення каналів кожного наступного соплового каналу повинно бути зміщено на  $20^{\circ}$  по відношенню до попереднього. Цим буде забезпечено максимальну поверхню для відмивання забруднень при високій кінетичній енергії струменя рідини.

3. Для миття верхньої кришки апарату з виконаними люками, трубопроводами, що приводить до складнощів при митті, пропонується встановити додаткову миючу головку малої продуктивності з щільовими сопловими каналами. Наприклад миючу головку 3 класу (рис. 2.7), призначену для очищення від середньої забрудненості. Наприклад такою головкою може бути щілинна ротаційна миюча головка Lechler Серія 5M2 – MicroSpinner2 з технічними характеристиками:

Кут розпилення:  $60^{\circ}$  вниз,  $180^{\circ}$  вниз,  $360^{\circ}$

Витрата води: 23,00 – 40,00 (л/хв)

Клас ефективності миття: 3-й клас ефективності миття

Тип миючої головки: щілинна ротаційна миюча головка вільного обертання

Максимальна робоча температура:  $250^{\circ}\text{C}$

Рекомендований робочий тиск: 2,0 бар

Необхідна фільтрація: магістральний фільтр з розміром клітинки сита 0,1 мм

Матеріал: нержавіюча сталь 316L

Приєднання: різьба внутрішня  $3/8"$  BSPP, шплінт  $1/2"$  Slip-on

Застосування: миття і очищення ємносте



Рис. 2.7 Мийна головка третього класу з щілинним сопловим каналом

Розділення миття поверхонь дозволить більш якісно їх обробляти, оскільки виконувати функцію миття однією мийною головкою є невіршеною задачею при умові якісного проведення процесу.

## 2.2 Висновки

Проведені аналітичні дослідження конструкцій миючих головок та їх можливостей, розгляд умов, при яких досягається висока якість відмивання, дозволили зробити такі висновки.

Виконати якісне миття циліндричної ємкості висотою 12...15 м однією миючою головкою досить складна задача: потрібно збільшувати час миття та тиск рідини форсунки. При цьому зростають експлуатаційні витрати та в грошовому еквіваленті.

Пропонується розділити миття безпосередньо циліндричної частини ЦКТ та її купольної частини шляхом встановлення додаткової мийної головки нижчого класу (третього) для миття верхньої кришки.

Для миття циліндричної частини ЦКТ ротаційну мийну головку 5-го класу модернізувати шляхом обертання соплових каналів в одній горизонтальній площині на  $360^{\circ}$  причому перший сопловий канал виконати з кутом нахилу до горизонту на  $30^{\circ}$ , а наступні з кутом в  $20^{\circ}$  по відношенню до попередніх соплових отворів.

### 3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

#### 3.1 Об'єкт та предмет досліджень

Об'єктом досліджень є процеси розпилення рідини миючими головками ЦКТ, гідродинаміки рідини в елементах форсунок та в сопловому каналі різного виконання.

Предметом досліджень є миючі головки, розпилювачі рідини та їх основні елементи – соплові канали для подачі муючого розчину на стінки циліндричної ємкості.

#### 3.2 Опис експериментальної установки чи імітаційної моделі об'єкт досліджень

З розвитком методів чисельного моделювання та появленням великої кількості прикладних програм, все більший інтерес викликає моделювання різних процесів, що виникають у технічних пристроях. Воно дозволяє підвищити якість проєктованого виробу, скоротити терміни виготовлення та привести до зниження капіталовкладень на його виробництво, що пояснюється відсутністю необхідності виготовлення технічного пристрою та проведення натурних експериментів, можливістю моделювання складних задач в області наукових досліджень та інженерного проєктування. Єдиною умовою для отримання достовірних результатів імітаційного моделювання є правильне та повноцінне налаштування параметрів розрахунку (зовнішні та внутрішні сили, процеси та закони, що діють на предмет дослідження).

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Понамаренко В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> Несчетний Д.А.	<i>Назва, додаткова назва</i>  <i>Дослідна частина</i>	<b>230601.KP.03.013.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> 1/1	

На теперішній час наявна значна кількість прикладних програм для проведення імітаційного моделювання, зокрема процесу розпилу рідини форсунками (Autodesk Inventor, CosmoFlo, FlowVision, Ansys, STAR CCM+ та ін.).

Аналіз функціональних можливостей різного програмного забезпечення показав, що найпоширенішою програмою для дослідження гідродинаміки потоків є програма ANSYS з CFD модулями. Одним з таких є модуль CFX, який дозволяє передбачити явище розпилу та руйнування струменя рідини за допомогою різних математичних моделей, які в нього закладені. З урахуванням цього, дослідження структури потоків в камері змішування форсунки та на виході з її сопла, будемо проводити саме в ньому.

Слід зазначити, що незважаючи на прогрес, який досягнутий в розвитку методів CFD на протязі останніх років, точне моделювання процесу розпилу рідини залишається надзвичайно складною задачею. Складність моделювання пов'язана з великою кількістю тісно взаємопов'язаних явищ та механізмів, таких як: первинний та вторинний розпад каплі, взаємодія капелі між собою, їх деформація, аеродинамічна сила, теплопередача, випаровування, поверхневий натяг рідини і її в'язкість та ін. З вище наведено випливає, що розробка нових алгоритмів дослідження роботи форсунок з урахуванням зазначених факторів є задачею актуальною.

Процес моделювання роботи форсунки складається з п'яти етапів:

- створення геометричної моделі форсунки;
  - створення розрахункової сітки на базі геометричної моделі;
  - створення початкових граничних умов моделювання процесу;
  - проведення розрахунку;
- аналіз результатів.

Для проведення чисельного моделювання важливого значення має програмне забезпечення, при виборі якого необхідно враховувати такі фактори:

- програма широко використовується;
- у програмі використовуються новітні наукові досягнення.

Аналіз функціональних можливостей різного програмного забезпечення показав, що для чисельного моделювання руху рідин і газів найпоширенішим є програмний пакет ANSYS з CFD модулями. Тому, для чисельного моделювання використано саме його, а модуль гідрогазодинаміки CFX (академічна версія ANSYS 2020 R2). Ліцензійна академічна версія даного програмного пакету доступна на офіційному веб-сайті [www.ansys.com](http://www.ansys.com).

Для реалізації поставленої задачі в програмі Autodesk Inventor Professional 2024 було створено твердо-тільні тривимірні моделі (рис. 3.1), яка складається з форсунки та зони для витoku рідини (умовно необмежений простір у який відбувається розпилення).

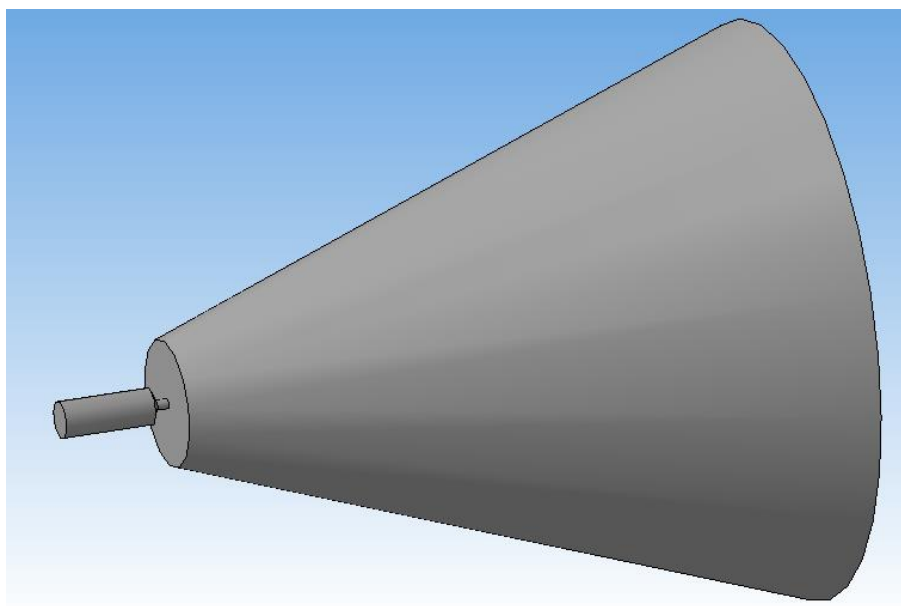


Рис. 3.1 Твердо-тільні тривимірні моделі

Слід відмітити, що зони витoku зроблено в вигляді зрізаних конусів, чим зменшується непродуктивний розрахунковий об'єм.

Наступним кроком було імпортування файлу з моделлю в модуль CFX програми Ansys.

Детально наведемо відповідні налаштування для струминної форсунки.

Даний крок налаштувань є надзвичайно важливим. При невірному введенні даних робота програми може бути припинена, або отримані неадекватні результати. Наприклад, при введенні витрати рідини через її тиск на вході (що дозволено зробити в програмному модулі), програма не працює. Це може бути пояснено відсутністю відповідної формули перерахунку витрати в залежності від тиску подачі рідини в форсунку в розрахунковому модулі програми. Витрата рідини в даному модулі може бути задана через масову витрату.

На другому етапі дослідження необхідно модель форсунки розбити на розрахункову сітку з скінченних елементів. Для цього на вкладці «Mesh» модуля CFX вибираємо «Mesh > Generate». Початкова сітка є доволі грубою, тому здійснюємо її згущення шляхом встановлення значення «Element size» та «Sizing» рівним 4 та 8 відповідно. В результаті цього маємо розрахункову сітку, яку зображено на рис. 3.2.

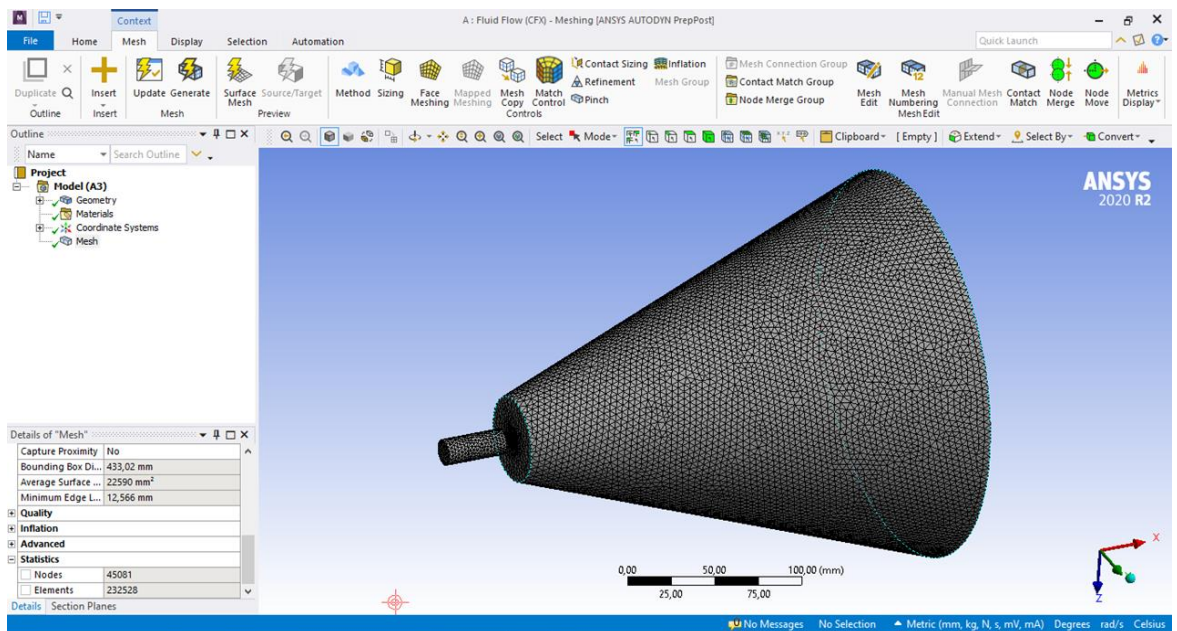


Рис. 3.2 розрахункова сітка

Геометрія форсунки та область для витoku рідини складається з 232 528 комірок тетраїдальної форми. Дрібні тетраїдальні комірки розміщені в області

з високою концентрацією рідини де, як очікується, виникнуть найбільші градієнти переносу кількості руху та маси. Комірки більшого розміру розміщені поблизу зовнішніх стінок зони витoku рідини.

Далі переходимо до створення граничних умов та налаштування параметрів розрахунку.

Для зручності, спочатку вибираємо тип задачі як нестационарна «Transient». Встановимо тривалість комп'ютерного розрахунку «Total Time» 0,5с та часовий крок «Timesteps» рівним 0,001с (рис.3.3).

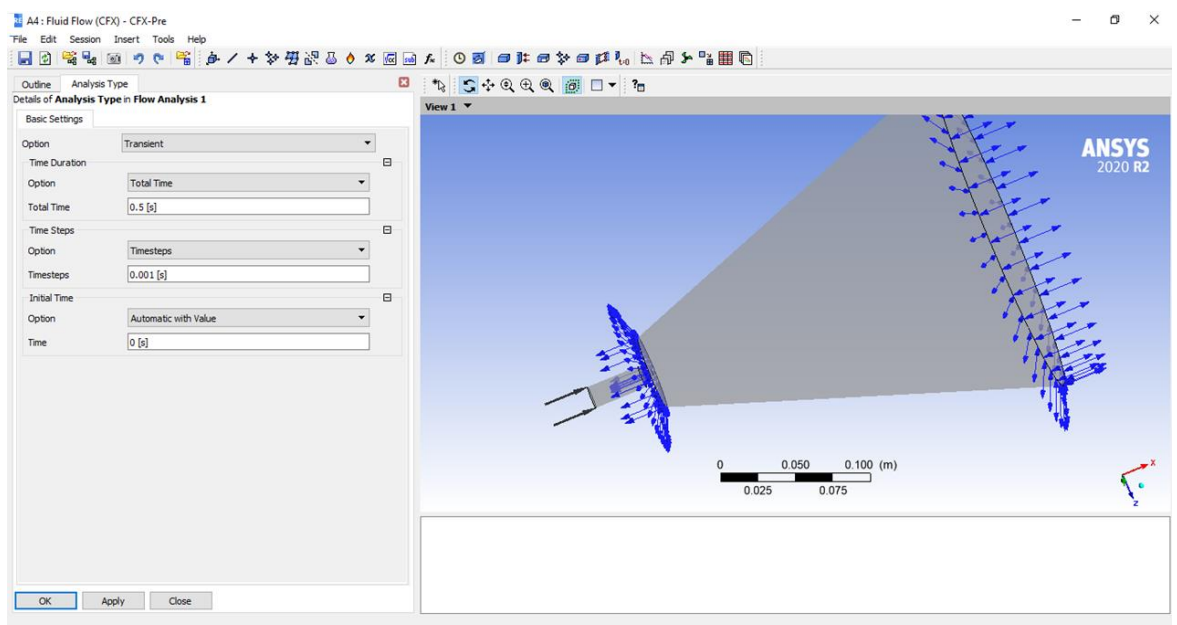


Рис. 3.3 Налаштування параметрів розрахунку

Такі параметри налаштування пояснюються необхідністю отримання точних результатів моделювання.

Далі з бази даних завантажуюмо матеріали (повітря, вода), які будуть прийняті в розрахунок (рис. 3.4, рис. 3.5).

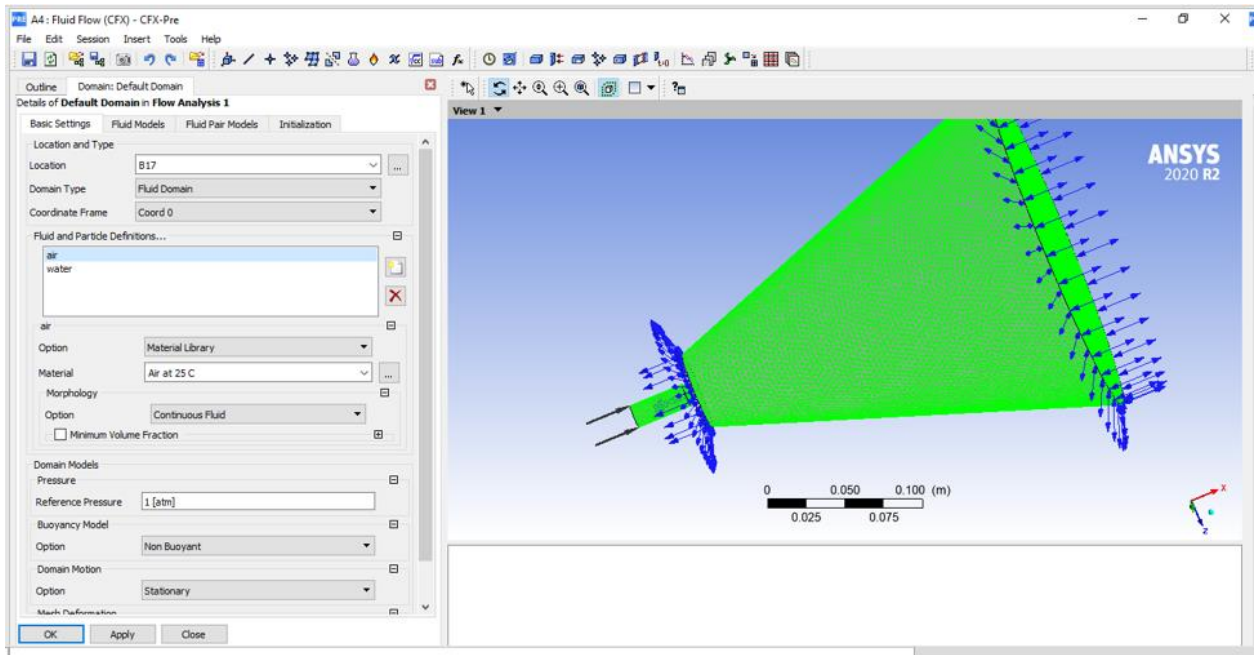


Рис. 3.4 Підключення матеріалу повітря

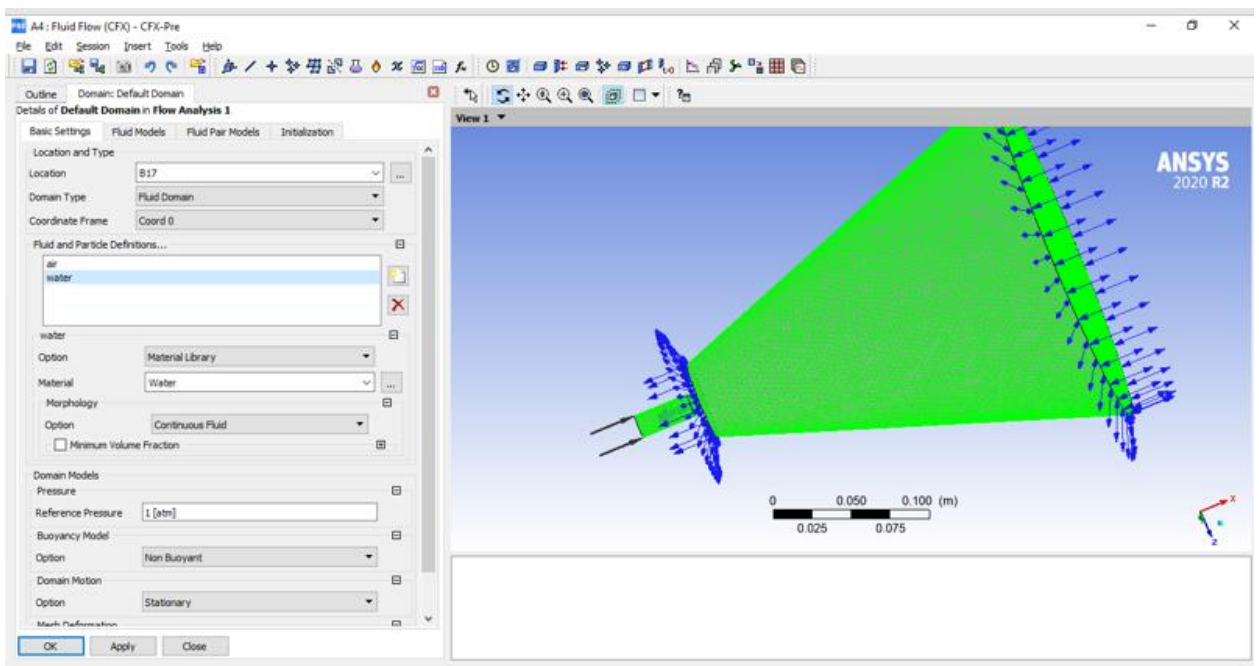


Рис. 3.5 Підключення матеріалу вода

Параметри навколишнього середовища в процесі розрахунку не змінювались та задані наступними: тиск атмосферний (101325 Па), температура 25° С, що відповідало умовам проведення експерименту.

Оскільки для розрахунку прийнято двофазну модель, то необхідно врахувати параметри течії рідини в потоці газу. Це здійснюється за рахунок

застосування рівнянь методу «Volume of Fluid». В цьому методі для визначення положення міжфазної межі використовується розподілення маркет-функції  $C = f(x, y, z, t)$ , яка являє собою об'ємну долю рідини в комірках розрахункової сітки: при  $C = 1$  – комірка заповнена рідиною, при  $C = 0$  – комірка порожня. Міжфазній межі відповідає ізоповерхня, де  $C = 0,5$ . Динаміка величини  $C$  описується рівнянням конвективного переносу:

$$\frac{dC}{dt} \equiv \frac{\partial C}{\partial t} + \bar{v} \cdot \nabla C = 0$$

де:  $v$  – швидкість середовища.

В даній роботі рівняння збереження маси та кількості руху для системи рідина-газ вирішується «наскрізь», як для одного середовища з змінними властивостями матеріалів, які виражені через об'ємну долю рідини  $C$  по лінійним співвідношенням:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \bar{v}) = 0$$

$$\frac{\partial \rho \bar{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \bar{v} \bar{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} + \rho \bar{g}$$

$$\rho = C\rho_{ж} + (1 - C)\rho_{г}$$

$$\mu = C\mu_{ж} + (1 - C)\mu_{г}$$

Тут:  $p$  – тиск;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $\rho$  – густина середовища;  $\mu$  – динамічна в'язкість (індекси «ж» та «г» відносяться до рідини та газу відповідно); тензор в'язких напружень:

$$\boldsymbol{\tau} = \mu \left( 2\mathbf{S} - \frac{2}{3}(\nabla \cdot \bar{v})\mathbf{I} \right),$$

$$\mathbf{S} \equiv \frac{1}{2}(\nabla \bar{v} + (\nabla \bar{v})^T)$$

$\mathbf{I}$  – одинична матриця.

Проведений аналіз літератури показав, що для даного типу задачі найбільш повне описання процесу течії рідини можливе за умови

використання k-ε моделі турбулентності, тому нами також була прийнята саме вона. k-ε модель має вигляд:

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho k \bar{v}) = \nabla \cdot \left[ \left( \mu + \frac{\mu_{\text{turb}}}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] + G_k - \rho \varepsilon$$

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \varepsilon \bar{v}) = \nabla \cdot \left[ \left( \mu + \frac{\mu_{\text{turb}}}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

Замикаючі співвідношення:

- турбулентна в'язкість:

$$\mu_{\text{turb}} = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

- генерація турбулентності:

$$G_k = \mu_t S^2 \equiv 2\mu_t S_{ij} S_{ij} \equiv \frac{1}{2} \mu_{\text{turb}} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)^2$$

константи моделі:

$$C_{1\varepsilon} = 1,44, C_{2\varepsilon} = 1,92, C_\mu = 0,09, \sigma_k = 1,0, \sigma_\varepsilon = 1,3.$$

Дані кроки показано на рис. 3.6.

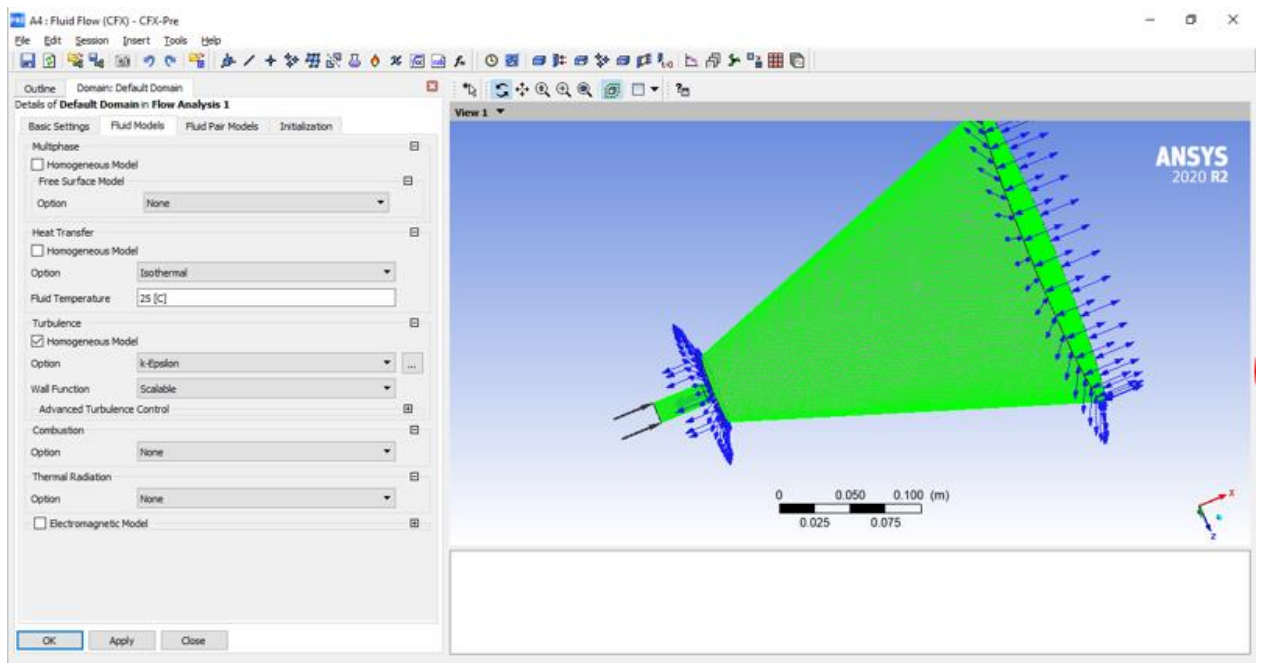


Рис. 3.6 Підключення моделі турбулентності

Також необхідно здійснити налаштування додаткових параметрів в яких зазначається початкове значення фаз (рис.3.7, рис. 3.8).

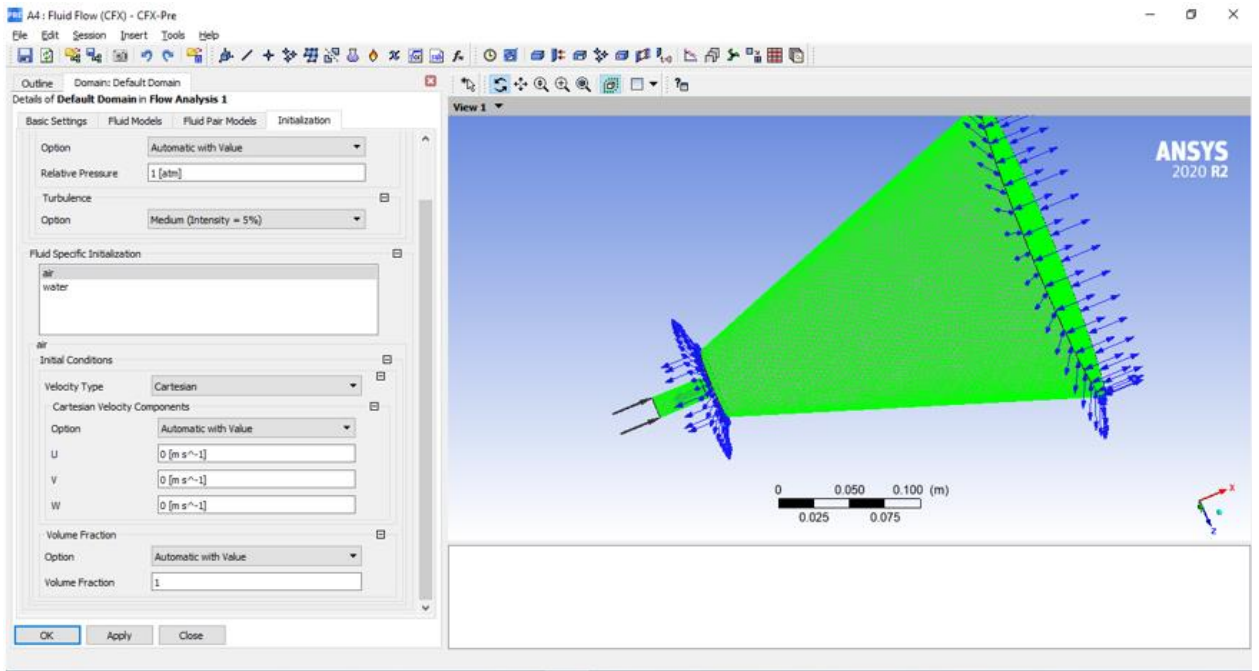


Рис. 3.7 Налаштування для середовища повітря

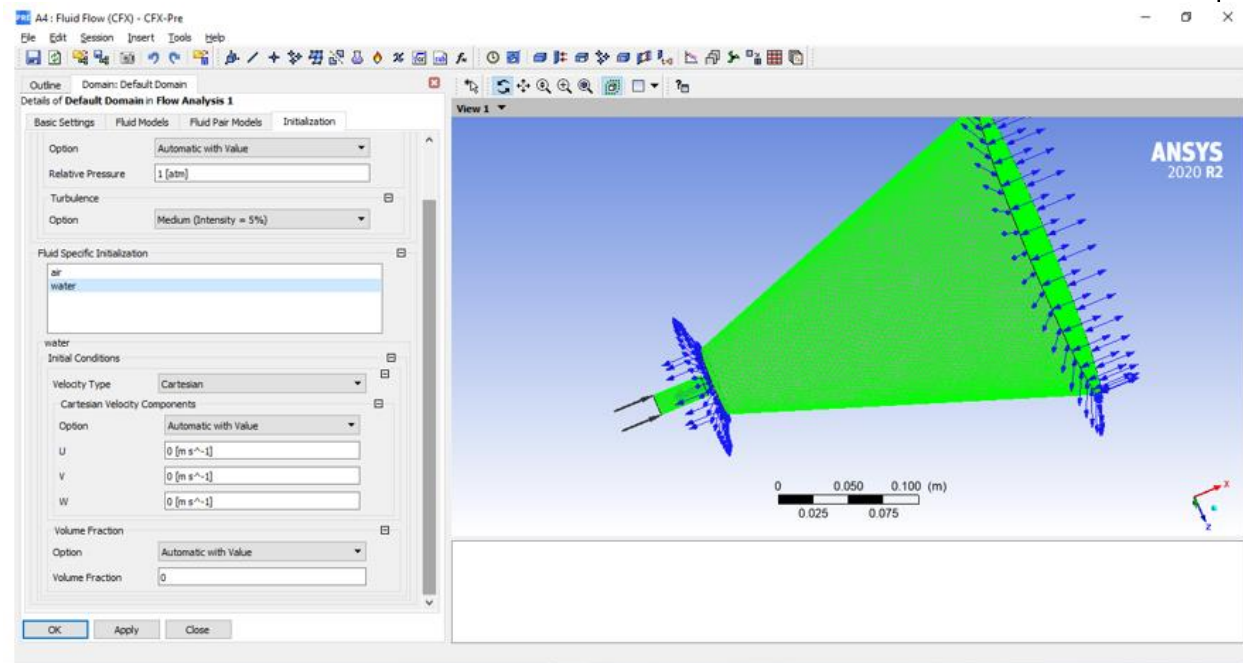


Рис. 3.8 Налаштування для середовища вода

Далі переходимо до призначення поверхонь моделі відповідній граничній умові (Рис. 3.9).

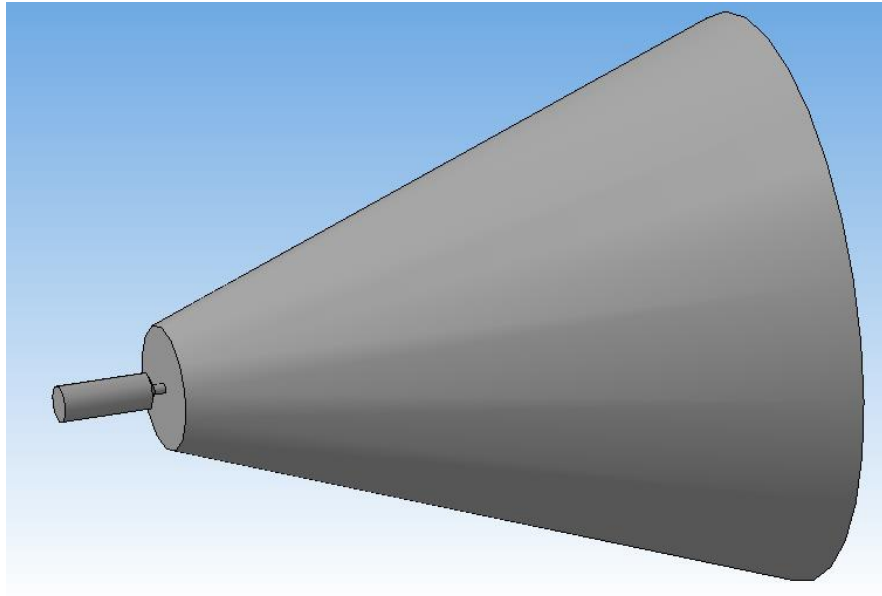


Рис. 3.9 Створення граничних умов

Для граничної умови «Inlet» задаємо значення масової витрати 0,2 кг/с, об'ємна доля рідини «Volume Fraction» 1, повітря – 0. Параметри турбулентності:  $k = 0,05\%$ ,  $\varepsilon = 10\%$ . При спробі задати витрату води через її тиск на вході в форсунку, розв'язок неможливий, що можна пояснити відсутністю відповідних рівнянь перерахунку в даній моделі

Для граничної умови «Opening» задаємо тип умови «Opening» яке означає, що вихід потоку рідини з сопла відбувається в атмосферу (тиск 1 атм). В початковий момент часу в даній зоні знаходиться лише повітря, тому його значення «Volume Fraction» 1, а «Volume Fraction» для води в цій зоні – 0.

Для граничної умови «Wall» приймаємо стандартні пристінкові функції, для яких:

$$k_1 = \frac{v_*^2}{0.3}, \quad \varepsilon_1 = \frac{v_*^4}{\nu} \frac{1}{\kappa y_1^+}, \quad u_1 = v_* \frac{\kappa}{\ln(Ey_1^+)},$$

Індекс 1 відноситься до першої пристінкової комірки;  $u$  – модуль проекції швидкості на стінку;  $k = 0,41$ ;  $E = 9$ ,  $y^+$  – нормована відстань до стінки, яка пов'язана з величиною тертя на стінці.

Враховуючи рекомендації з літературних джерел, параметри моделі турбулентності (кінетична енергія турбулентності  $k$  та швидкість дисипації кінетичної енергії  $\varepsilon$ ) для граничної умови «Inlet\_water» задано наступними:  $k = 0,05$ ,  $\varepsilon = 10$ . Для цієї ж умови встановлено об'ємну частку води 1 (100%), а повітря – 0, тобто вхід лише рідини.

На наступному етапі переходимо на панель «Solver» де здійснюємо додаткове налаштування параметрів розрахунків, зокрема підключаємо проведення розрахунку з подвійною точністю. Критерій збіжності результатів задано рівним 0,0001. Це означає, що процес пошуку рішення відбуватиметься до тих пір, доки на деякій з ітерацій всі нев'язки (розбіжності) не опиняться рівними або меншими за встановлене значення.

Також встановлюємо налаштування, які залежать від технічних можливостей обчислювальної машини (рис.3. 10).

Після проведених дій можна переходити безпосередньо до проведення розрахунку і до аналізу результатів.

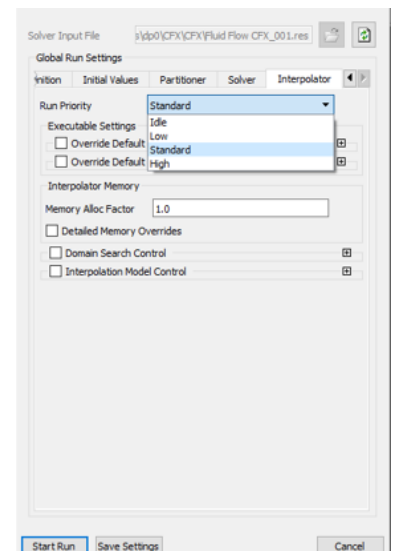
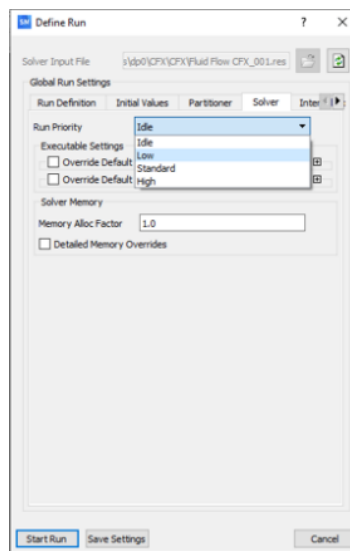
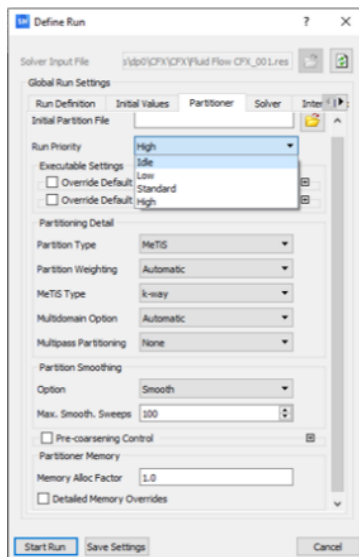
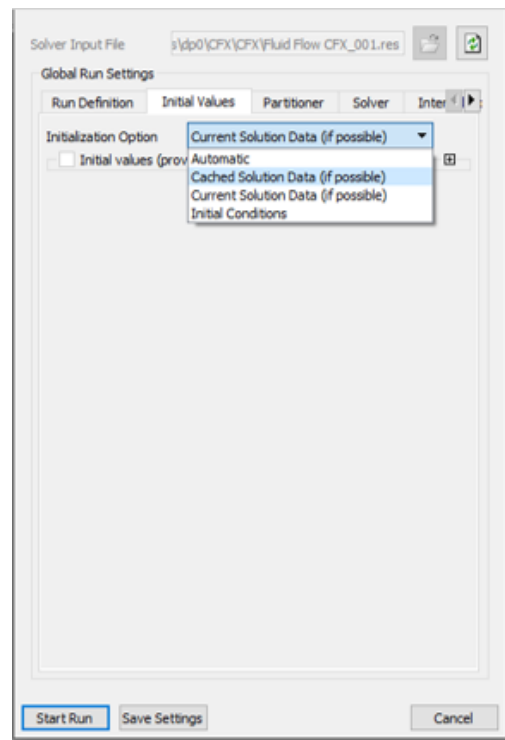
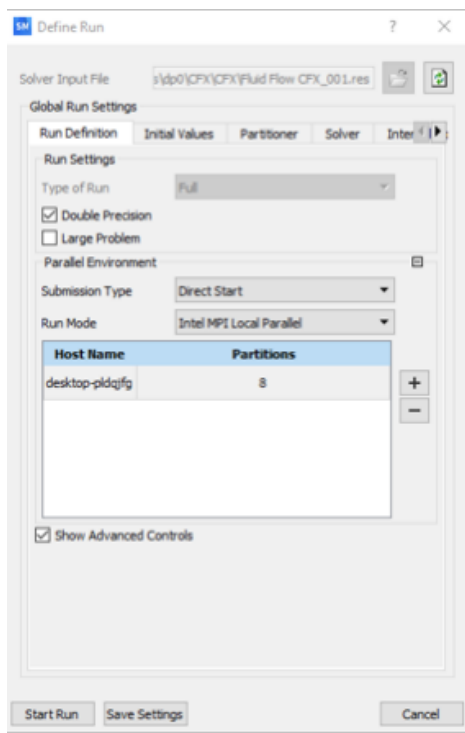


Рис. 3.10 Налаштування на панелі «Solver»

### 3.3. Методика проведення досліджень

Виконання моделювання роботи форсунки по заданому алгоритму дозволяє отримати майже всі характеристики факелу розпилення.

Відмітимо, що були проведені дослідження як з більшою, так і з меншою кількістю комірок в розрахунковій області. При розбитті розрахункової області на комірки в кількості біля 50 тис. результати моделювання будуть не

точними. При значній кількості розрахункових комірок (близько 500 тис.) – результати будуть доволі точними, однак тривалість розрахунку зростає майже в 5 разів та становить 9 – 10 годин. Тому було прийнято рішення розрахункову область тривимірної моделі розбити на 232528 комірок (середній розмір ребра комірки біля 4 мм). При цьому досягається достатня точність розрахунку при зменшенні вимог до розрахункової машини та часу отримання результату (біля 3 – 4 годин).

Необхідно також зазначити, що для розрахунку розміру крапель рідини в факелі розпилення форсунки розрахункову область потрібно розбивати на комірки розміром не більш ніж 0,1 мм (аналіз експериментальних даних свідчить, що розмір крапель рідини при тиску 0,3 МПа складає біля 270 мкм). При цьому потрібно використовувати повноцінну версію програми ANSYS, так як кількість комірок в розрахунковій області перевищить 512 тис., що виходить за межі академічної версії даної програми.

За допомогою чисельного розрахунку отримано якісну та кількісну картину контуру швидкості та об'ємної долі (концентрації) води в струминній форсунці та на виході з її сопла (рис. 3.11),

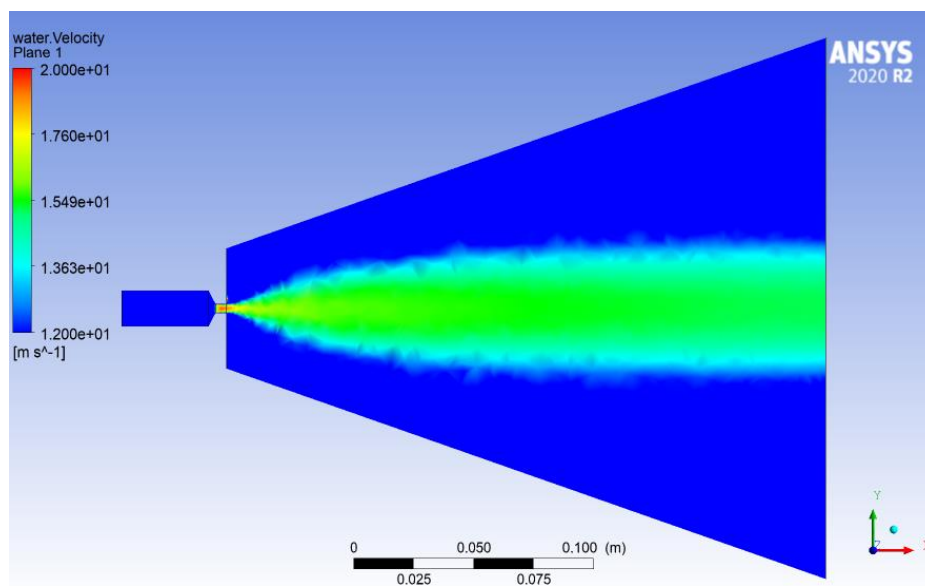


Рис. 3.11 Контур швидкості витоку рідини з струминної форсунки

Та контур об'ємної долі рідини для струминної форсунки (рис. 3.12)

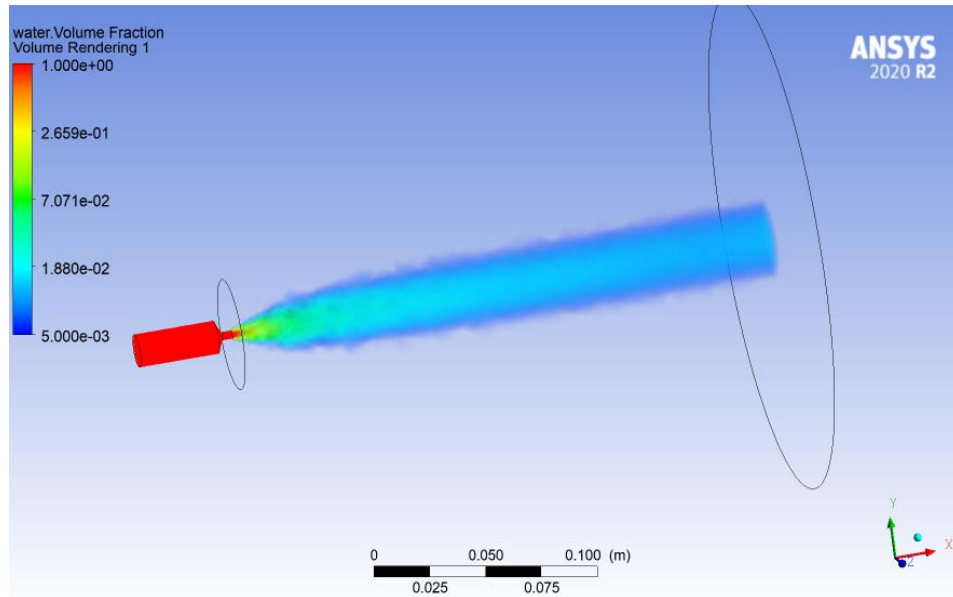


Рис. 3.12 Контур об'ємної долі рідини для струминної форсунки

а також розподілення рідини в поперечному перерізі факела розпилення на відстані від сопла 500, 1000, 1500 мм (рис. 3.13, рис. 3.14, рис. 3.15).

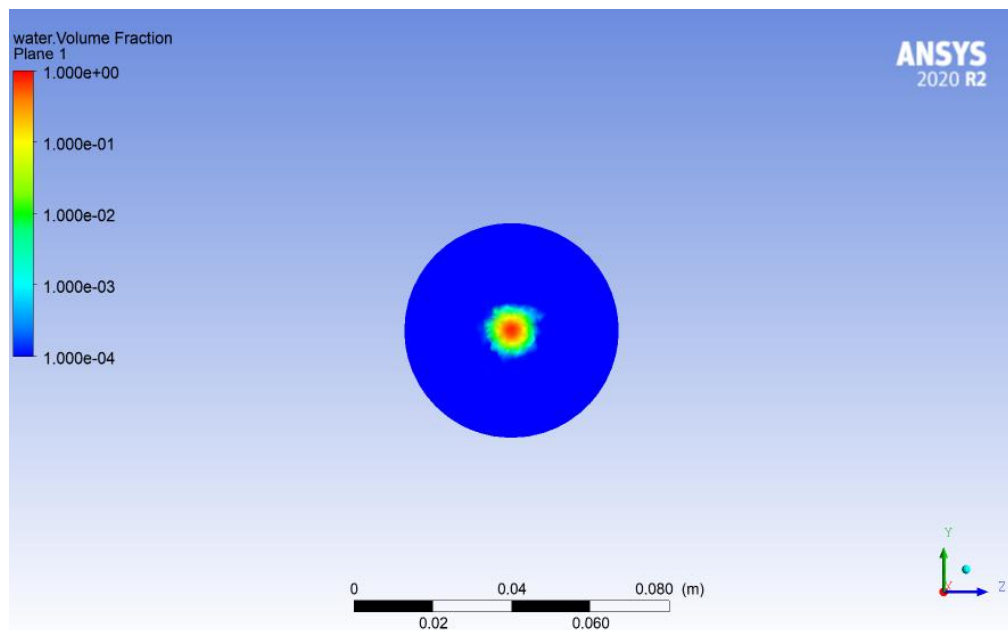


Рис. 3.13 Контур об'ємної долі рідини для струминної форсунки на відстані 500 мм від її сопла

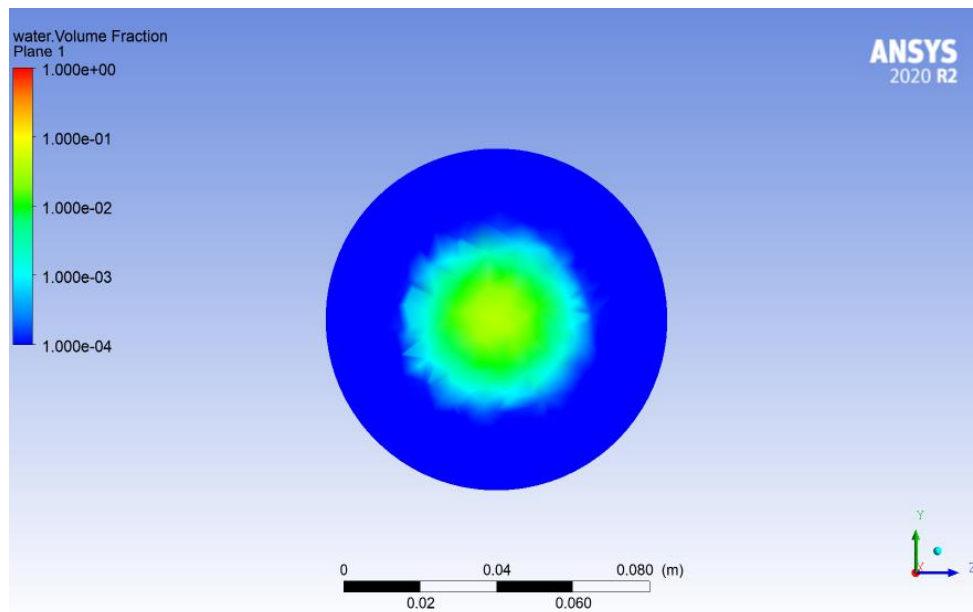


Рис. 3.14 Контур об'ємної долі рідини для струминної форсунки на відстані 1000 мм від її сопла

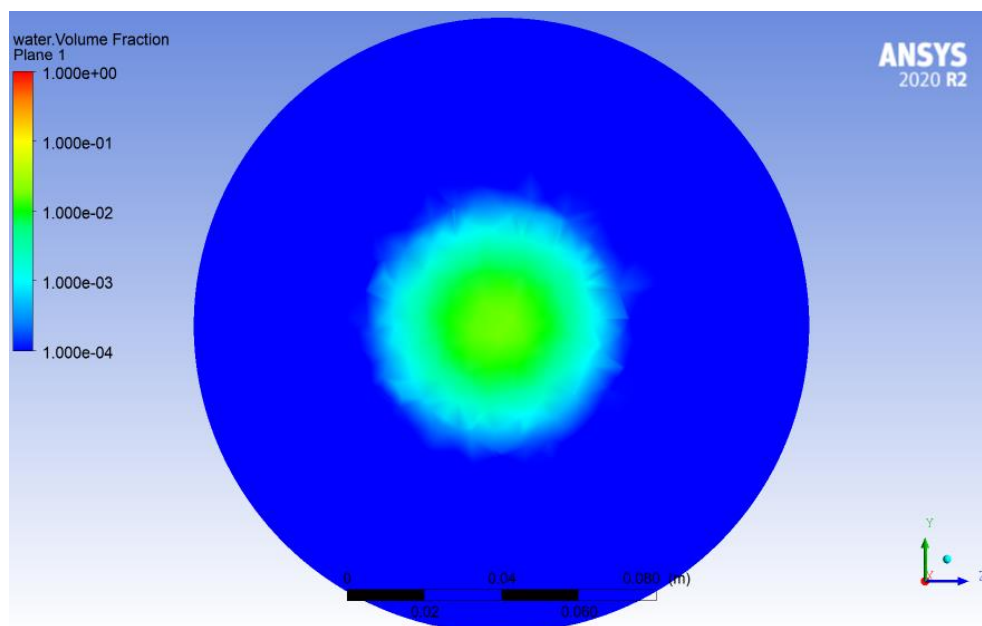


Рис. 3.15 Контур об'ємної долі рідини для струминної форсунки на відстані 1500 мм від її сопла

Найбільша концентрація рідини на відстані від сопла 500 мм по осі факелу розпилення, при віддаленні від сопла рідина розподіляється по всьому поперечному перерізу факела (1000 мм) і в подальшому мало міняє структуру

(1500 мм). Ці дані комп'ютерного моделювання підтверджуються експериментальними дослідженнями.

### **Висновки/рекомендації**

В результаті проведеного імітаційного моделювання отримані значення швидкості та об'ємної долі води в усіх точках розрахункового простору, що дозволяє оцінити ефективність роботи форсунки. З наведених рисунків видно, що характер розподілення концентрації води та її швидкість відповідає відомим експериментальним даним. Це дозволяє стверджувати про правильність постановки числового моделювання та методи розрахунку процесу розпилення рідини.

Таким чином, використання програми ANSYS дозволяє створити гідродинамічну модель форсунки, отримати повну та якісну картину течії рідини. Це в свою чергу дозволяє суттєво скоротити час на проектування технічного пристрою та об'єм високовартісних фізичних експериментів.

### **3.4 Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування.**

Миюча головка п'ятого класу миючих головок для очищення від стійкого бруду і нальоту. Вона встановлена всередині ЦКТ в верхній частині ємкості. Підведення миючої рідини в конічному апараті здійснюється через верхню купольну арматуру. Конструкція миючої головки представлено на рис. 3.16.

ГОСТ 14806-80-T1-2

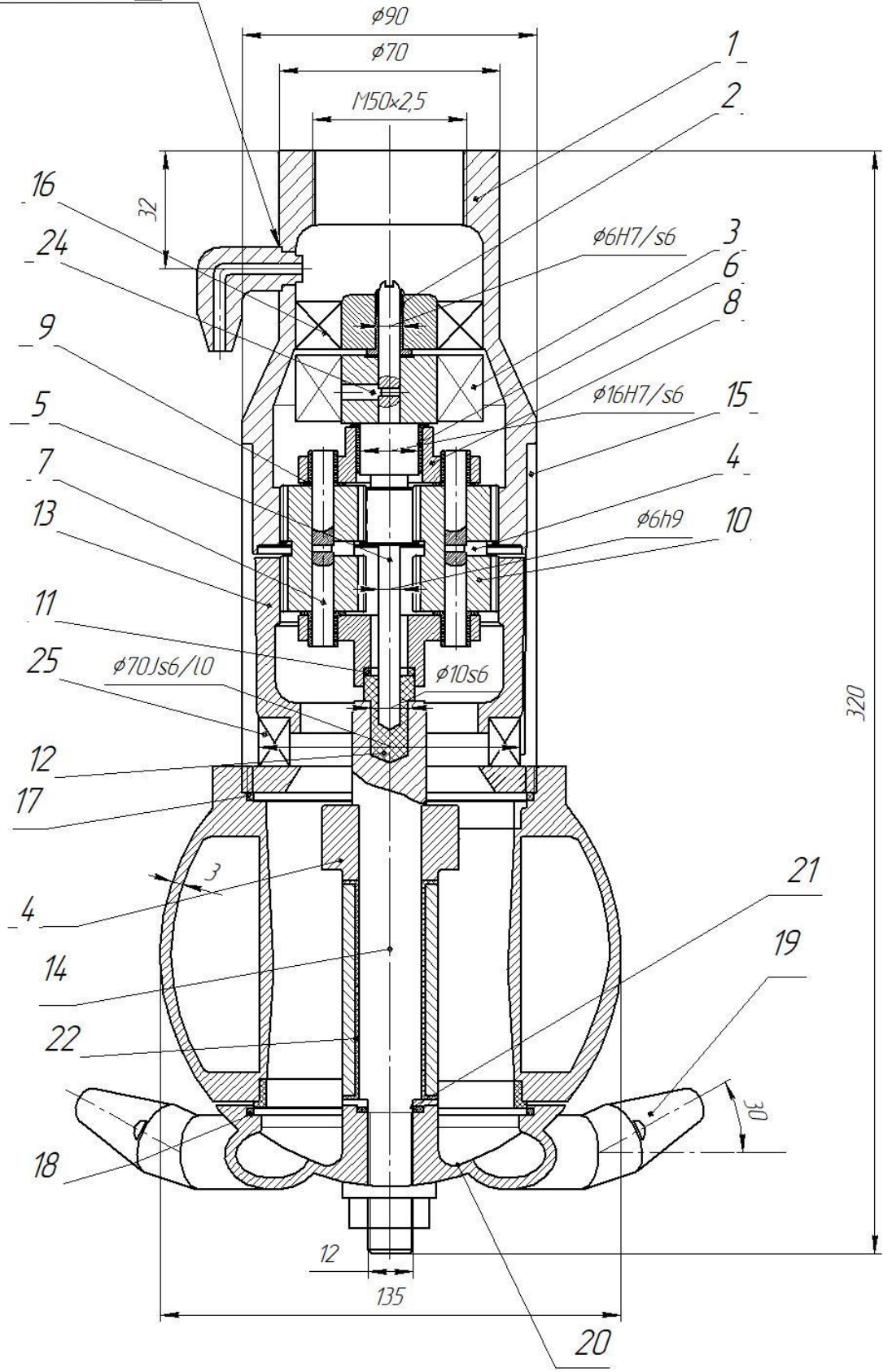


Рис. 3.16 Миюча головка

Основна відмінність представленої модернізованої миючої головки від прототипу в тому, що обертання відбувається лише в горизонтальній площині, що гарантує потрапляння всієї миючої рідини на стінку ємкості. Сопла миючої головки мають плоскі щілинні канали, що також сприяє подачі рідини на більшу площу внутрішньої поверхні ємкості. Причому сопла мають різний кут нахилу: перше сопло встановлено на кут  $30^{\circ}$ , друге має кут нахилу  $20^{\circ}$ , третє -  $0^{\circ}$  і четверте  $-20^{\circ}$ . Такий кут нахилу сопел забезпечує достатньо високий рівень мийки ємкості безпосередньо струменем рідини з високою кінетичною енергією.

Мийна рідини з ємкості насосом подається під тиском  $0,2 \dots 0,4$  МПа в мийну головку та проходячи через крильчатки турбіни, розкручує мийну головку. Потрапляє в соплові канали та через щілинний сопловий отвір в вигляді плоского струменя потрапляє на внутрішню поверхню забрудненої ємкості. Має досить значну кінетичну енергію, що сприяє якісному відмиванню, ополіскуванню та дезінфекції. Оскільки соплові отвори миючої головки направлені по дотичній до корпусу, то додатково виникає реактивна тяга від струменя рідини, що витікає, а отже зменшується втрати енергії потоку на приведення в обертний рух головки від турбіни. Потенційна енергія потоку буде використана корисно на диспергування рідини.

### **3.5 Висновки**

Проведені дослідження в прикладному пакеті програм, модуль гідрогазодинаміки CFX (академічна версія ANSYS 2020 R2), дозволили встановити розподіл рідини в факелі розпилення по довжині та по його

поперечному перерізі на різній відстані від торця сопла. Струмінь рідини має компакту структуру та достатню швидкість при попаданні на стінку посудини, що сприяє якісному відмиванню від бруду. Зміна конструкції головки, коли вона обертається лише в горизонтальній площині дозволяє запобігти нецільовій витраті рідини. Виконання сопел в вигляді плоских щілин забезпечує достатньо значну площу контакту рідини з поверхнею ємкості.

## 4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 4.1 Розрахунок об'єму модернізованого обладнання

Прийmemo діаметр танку 4900 мм. Кут нахилу конуса всередині прийmemo значення 70°. Розрахунок ЦКТ складається з визначення суми об'ємів

- циліндричної частини,
- конічної частини.

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{R}{h_k} = \frac{D}{2h_k}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \operatorname{tg} \frac{70^\circ}{2} = \frac{4900}{2h_k}$$

Висота конуса в нижній частині апарату

$$h_k = \frac{D}{2 \operatorname{tg} 35^\circ} = \frac{4900}{2 \times 0.7} = 3500 \text{ мм}$$

Довжина твірної конуса

$$l_k = \frac{D}{2 \sin 35^\circ} = \frac{4900}{2 \times 0.574} = 4300 \text{ мм}$$

Місткість конусної нижньої частини ЦКТ

$$V_k = \pi \times R^2 \times h_l / 3 = \frac{\pi D^2}{12} \times h_l = \frac{3.14 \times 4900^2 \times 4300}{12} = 27 \text{ м}^3$$

Для розрахунку верхньої частини апарату прийmemo кут конуса при вершині верхньої частини 150°, тоді твірна повного конуса верхньої частини:

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Понамаренко В.В.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник Несчетний Д.А.	Назва, додаткова назва <b>Розрахункова частина</b>	<b>230601КР.04.013.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.					

$$\sin 75^\circ = R / l_{\text{с}} = \frac{D}{2l_{\text{с}}}$$

Тоді

$$l_{\text{с}} = \frac{D}{2 \times \sin 75^\circ} = \frac{4900}{2 \times 0.966} = 2540 \text{ мм}$$

Висота повного конуса

$$\text{ctg} 75^\circ = H / R$$

Звідси

$$H = R \times \text{ctg} 75^\circ = \frac{D}{2} \times \text{ctg} 75^\circ = \frac{4900}{2} \times \text{ctg} 75^\circ = 656.5 \text{ мм}$$

Приймемо висоту зрізаного конуса  $h_{\text{с}} = 570 \text{ м}$  та визначимо малий радіус зрізаного конуса з рівності

$$\text{tg} 75^\circ = \frac{r}{H - h_{\text{с}}}$$

$$r = (H - h_{\text{с}}) \times \text{tg} 75^\circ = (656.5 - 570) \times 3.73 = 325 \text{ мм}$$

Місткість зрізаного конуса верхньої частини

$$V_{\text{с}} = \pi \times h_{\text{с}} \times (r^2 + r \cdot R + R^2) / 3 = 3.14 \cdot 0.57 \cdot (0.325^2 + 0.325 \cdot 2.450 + 2.450^2) / 3 = 4.12 \text{ м}^3$$

Розрахуємо циліндричну частину апарата.

$$V_{\text{ц}} = V - V_{\text{к}} - V_{\text{с}} = 300 - 27 - 4.12 = 268.88 \text{ м}^3$$

З виразу знаходження об'єму циліндра маємо

$$h_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} / (\pi R^2) = 268.88 / (3.14 \cdot 2.45^2) = 14.3 \text{ м}$$

Тоді висота сусли в ЦКТ можна прийняти  $h_{\text{р}} = h_{\text{ц}} \cdot \varphi = 14.3 \cdot 0.85 = 12.00 \text{ м}$

Корисний об'єм

$$V_{\text{р}} = V_{\text{к}} + \pi R^2 h_{\text{р}} = 27 + 3.14 \cdot 2.45^2 \cdot 12 = 253.2 \text{ м}^3$$

Загальна висота ЦКТ

$$H = h_y + h_x + h_g = 14,3 + 3,5 + 0,57 = 18,4\text{м}$$

## 4.2. Підбір конструкційних матеріалів

В харчовій промисловості необхідним є ретельний підбір матеріалів для виготовлення деталей та апаратів. Вимогою є допуск матеріалу до харчових продуктів. В тих вузлах, де не відбувається контакту обладнання з продуктом можна користуватись загальними правилами підбору конструкційних матеріалів.

Розвиток харчової промисловості. Направлений на скорочення ручної праці, збільшення виробництва якісного нового асортименту харчових продуктів, пред'являються підвищені вимоги до матеріалів, що використовуються у конструкціях сучасних машин і апаратів підприємств харчової промисловості. Специфіка різноманітних галузей харчової промисловості вимагає застосування міцних та надійних матеріалів та інших матеріалів, що працюють в умовах високих тисків, температур глибокого вакууму, агресивних середовищ.

Вибір матеріалів, які застосовуються в харчовому машинобудуванні при конструюванні апаратів. Зумовлений наступними основними факторами:

Допустимістю контакту з основними продуктами

Економічною доцільністю застосування

Вимогами до надійності та довговічності устаткування

Довговічність визначається головним чином зносостійкістю деталей, тому одним із основних шляхів збільшення терміну служби та надійності роботи машини є підвищення зносостійкості поверхонь тертя деталей. По мірі зношування деталей в парах тертя збільшуються зазори, порушується

нормативна робота машини, виникає вібрація, ударні впливи на поверхні деталей.

Зношування деталей може призвести до їх руйнування, або в наслідок зношування поступово збільшуються змінні напруги, що може призвести до перевищення межі втомлюваності.

Корпус ЦКТ звладається з нижньої та верхньої частини, обидві частини зроблені з листової сталі 45-а ГОСТ 1050-74

### 4.3. Розрахунки на міцність елементів конструкції модернізованого обладнання

#### Розрахунок товщини стінки апарата

Прийmemo, що ЦКТ виготовлено з корозійностійкої сталі 12X18H10T ГОСТ 5632-72. Властивості:

$$\sigma_B = 560 \text{ МПа}, \sigma_T = 235 \text{ МПа} [3]$$

$$[\sigma_B] = \sigma_B / n_B = 560 / 1,4 = 420 \text{ МПа}, \text{ де } n_B - \text{ коефіцієнт запасу} [4]$$

Розрахунковий тиск в апараті розрахуємо за формулою

$$P = P_n + H_p \gamma,$$

Де  $P_n$  – надлишковий тиск в апараті, при якому спрацьовує запобіжний клапан,  $H_p$  – висота рідини в циліндричній частині апарата,  $\gamma$  – питома вага готового пива.

$$P = 0,08 \cdot 10^6 + 12 \cdot 10400 = 204800 \text{ Па}$$

Розрахуємо товщину стінки циліндричної частини апарата

$$\delta = \frac{P \cdot D}{2\beta[\sigma] - P} + \delta_c,$$

Де  $[\sigma]$  – допустиме напруження при розтягу стінки апарата,  $\beta$  – коефіцієнт міцності зварних з'єднань,  $\delta_c$  – прибавка на корозію до стінки апарата.

$$\delta = \frac{204800 \cdot 4,9}{2 \cdot 1 \cdot 420 \cdot 10^6 - 204800} + 0,001 = 0,0043 \text{ м}$$

Коефіцієнт зварного шву прийmemo  $\beta=1,0$ , а прибавка на корозію  $\delta_c = 1$  мм.

Розрахуємо товщину стінки конічної частини апарата

$$\delta_k = \frac{P \cdot D}{(2\beta[\sigma] - P) \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} + \delta_c,$$

де  $\alpha$  – кут при вершині конуса.

$$\delta_k = \frac{204800 \cdot 4,9}{(2 \cdot 0,8 \cdot 420 \cdot 10^6 - 204800) \cdot \cos \frac{70^\circ}{2}} + 0,001 = 0,00505 \text{ м}$$

З конструктивних міркувань прийmemo товщини стінок, тоді  $\delta = \delta_k = \delta_{ц} = 6$  мм.

Перевіримо розрахунки товщини стінки:

За третьою теорією міцності  $\sigma_{екв} = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ ,

$$\sigma_{екв} = [\sigma_B] = 420 \text{ МПа.}$$

Надлишковий тиск в апараті  $P_H = 0,08 \text{ МПа}$ . Зобразимо схему апарата на Рис 2

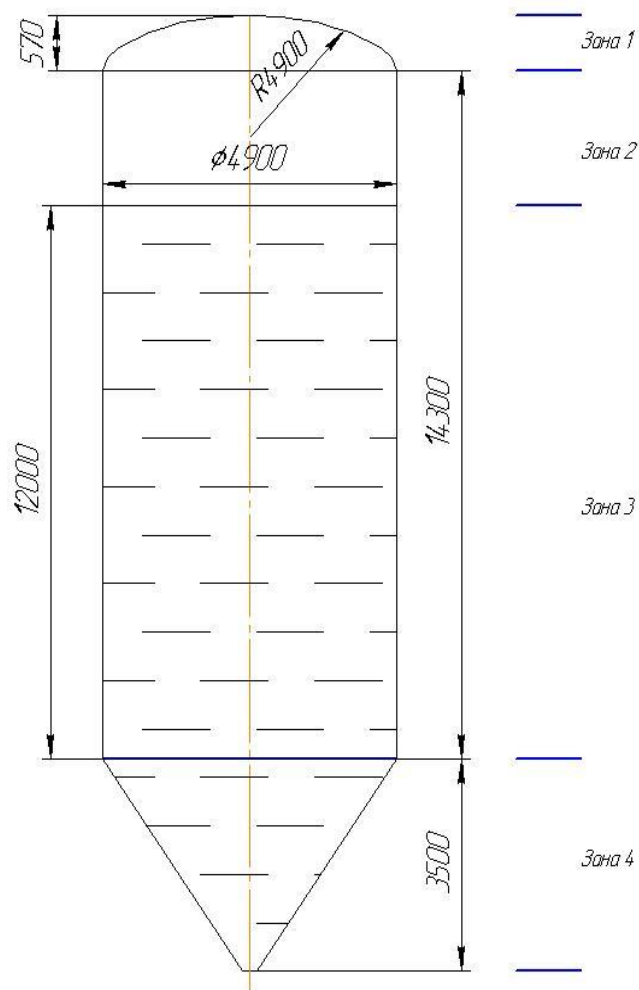


Рис. 2 Схема апарата

Виділимо характерні зони виходячи з умови однаковості зовнішнього навантаження і геометричної форми:

зона 1 – сферична частина, навантажена внутрішнім надлишковим тиском газу;

зона 2 – частина оболонки апарата від місця стику зі сферичною частиною до рівня рідини;

зона 3 – частина оболонки від рів рідини до опорного кільця;

зона 4 – конічне днище.

Зона 1.

Зона включає сферичну вершину, яка являє собою сегмент сфери  $R=4900\text{мм}$ . Ця зона навантажена тільки надлишковим тиском газу

$P_H = 0,08 \text{ МПа}$  . Меридіональні і колові напруження однакові і за рівномірного зовнішнього навантаження знаходяться:

$$\sigma_k = \sigma_m = \frac{P_H R}{2\delta_{сф}},$$

де  $\delta_{сф}$  – товщина сферичної частини.

Таким чином, колові та меридіональні напруження в зоні

$$\sigma_k = \sigma_m = \frac{0,08 \cdot 4,9}{2\delta_{сф}} = 1,96 / \delta_{сф}$$

Товщина сферичної частини  $\delta_{сф} = 6 \text{ мм}$ ,

$$\sigma_k = \sigma_m = \frac{1,96}{0,006} = 327 \text{ МПа} \leq [\sigma_\sigma]$$

Зона 2.

Відсікаємо частину апарата по даній зоні коловим перерізом I-I і відкидаємо нижню частину. Дію відкинутої частини на ту, що залишилася, замінюємо дією меридіональних сил  $N_M$  (Рис. 3 )

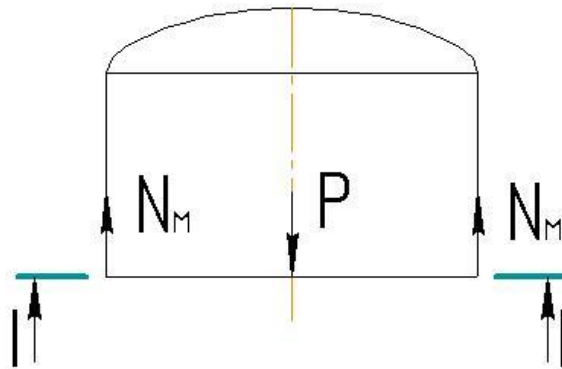


Рис. 3. Схема зони 2.

У цьому випадку частина апарата, що залишилася, перебуває у стані рівноваги. На розглянуту частину діють:

зовнішня сила  $P$  внутрішнього надлишкового тиску  $P_H$ ;

внутрішня сила  $N_m$  пружності матеріалу стінки оболонки, тобто сила дії на розглядувану частину апарата другої, що відкинута.

У зв'язку з тим, що геометрична форма та умови навантаження по довжині зони не змінюються, то головні напруження не залежать від вибору місця перерізу і залишається постійними.

Колові напруження у даній зоні можуть бути визначені за рівнянням Лапласа:

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_k}{\rho_k} = \frac{P}{\delta_\zeta}$$

Але, через те, що в нашому випадку  $\rho_m = \infty$ , а  $\rho_k = D/2$  та  $P = P_n$ ,

рівняння набуде вигляду 
$$\sigma_k = \frac{P_n \cdot D}{2\delta_\zeta} = \frac{0.8 \cdot 4.9}{2\delta_\zeta} = 1.96 / \delta_\zeta$$

Для визначення меридіональних напружень  $\sigma_m$  складемо рівняння рівноваги відсіченої зони в проекціях сил на вертикальну вісь:

$$P - N_m = 0,$$

де  $P$  - сумарна зовнішня сила надлишкового тиску,  $N_m$  - сумарні внутрішні сили пружності.

Визначимо значення діючих сил.

Зовнішня сила внутрішнього тиску

$$P = SP_n = \frac{\pi D^2}{4} \cdot P_n,$$

де  $S$  - геометрична форма перерізу.

Внутрішні меридіональні сили визначимо за діючими в перерізі меридіональним напруженням:

$$N_m = \sigma_m \cdot \pi \cdot D \cdot \delta_\zeta$$

Підставимо значення діючих сил в рівняння рівноваги цієї зони і одержимо

$$\frac{\pi D^2}{4} P_n - \sigma_m \cdot \pi \cdot D \cdot \delta_u = 0$$

$$\sigma_m = \frac{DP_n}{4\delta_u} = \frac{4,9 \cdot 0,8}{4\delta_u} = \frac{0,98}{\delta_u}$$

Товщина стінки в даній зоні по максимальному напруженні

$$\delta_u = 6 \text{ мм}, \sigma_m = \frac{1,96}{0,006} = 327 \text{ МПа}$$

### Зона 3.

Включає в себе ділянку циліндричної оболонки апарата, незмінну за своєю геометричною формою та навантажену також незмінними за своїм характером зовнішніми силами. Особливість навантаження зовнішніми силами на цій ділянці полягає також в неоднаковості зовнішніх сил, що діють в меридіональному та коловому перерізах.

У меридіональному перерізі даної зони діють :

сила внутрішнього надлишкового тиску;

сила гідростатичного тиску рідини, що міститься над рівнем перерізу оболонки, в якому визначається напруження.

Ці сили спричиняють появу внутрішніх колових сил пружності, які будуть змінюватись залежно від зміни величини гідростатичного тиску речовини, що міститься над перерізом.

У коловому перерізі, що проводиться перпендикулярно до осі симетрії апарата, ззовні оболонки діє тільки сила внутрішнього надлишкового газового тиску, яка прагне розірвати апарат вздовж осі .

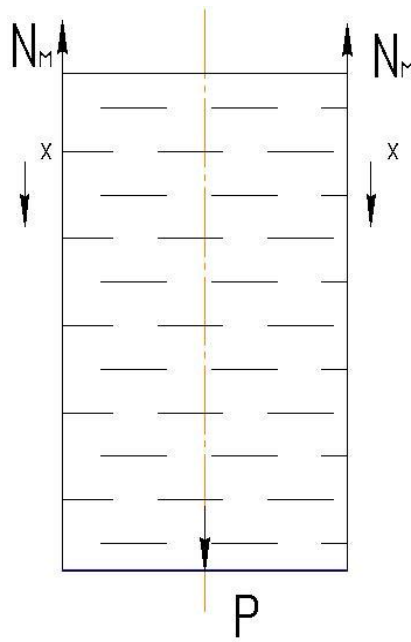


Рис. .4 Схема зони 3

Схему зони, відсічену на рівні  $x$  від поверхні рідини, показано на рис.4.4. Колові напруження в даній зоні на рівні перерізу можуть бути визначені виходячи з рівняння Лапласа, де потрібно взяти до уваги спільну дію газового тиску  $P_n$  і гідростатичний тиск рідини, що дорівнює

$$P_p = x\gamma,$$

де  $x$  змінюється від рівня поверхні рідини до рівня приварювання опорного кільця на циліндричній частині.

Тоді колові напруження в перерізі будуть дорівнювати

$$\sigma_k = \frac{(P_n + P_p) \cdot \frac{1}{2} D}{\delta_u} = \frac{(P_n + x\gamma) D}{2\delta_u},$$

У даному разі значення  $x$  буде змінюватися у межах від  $H_p$  до 0. Максимальне значення зовнішнє зусилля досягатиме на рівні кріплення опорного кільця.

$$P_n + P_p = P_n + (H_p - H_o)\gamma = 0,8 \cdot 10^6 + (12 - 0) \cdot 10400 = 9,21 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$\sigma_k = \frac{(P_n + P_p) \cdot \frac{1}{2} D}{\delta_u} = \frac{0,921 \cdot 4,9}{2 \cdot 0,006} = 376 \text{ МПа}$$

Меридіональні напруження визначимо виходячи з умови рівноваги відсіченої частини. Складемо рівняння

$$P - N_m = 0,$$

Воно є ідентичним умові рівноваги для зони 2, тому вираз для визначення меридіональних напружень буде справедливим і для даної зони.

Обчислимо меридіональне напруження

$$\sigma_m = \frac{DP_n}{4\delta_{\psi}} = \frac{4,9 \cdot 0,8}{4\delta_{\psi}} = \frac{0,98}{\delta_{\psi}}.$$

Товщину стінки визначимо по максимальному значенню напружень, тобто по значенню колових напружень:

$$\delta_{\psi} = 6 \text{ мм}, \sigma_{\kappa} = \frac{2,26}{0,006} = 376 \text{ МПа}$$

Отже приймаємо значення стінки циліндричної частини ЦКТ рівною 6 мм.

Зона 4.

Кут при вершині конуса маємо  $70^\circ$ . Тоді  $\text{tg}(70^\circ/2) = \text{tg}35^\circ = 0,7002$

Відсікаємо частину оболонки в даній зоні кільцевим перерізом на відстані  $x$  від вершини і відкидаємо верхню частину оболонки (Рис.4 ).

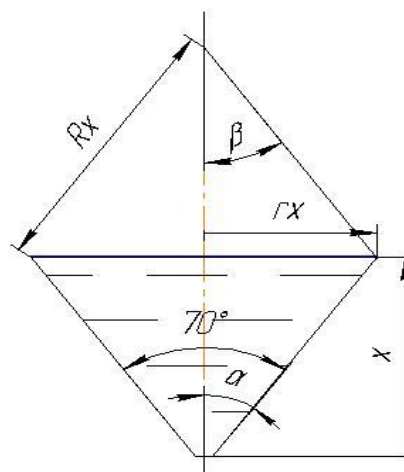


Рис. 5. Геометрична схема зони 4.

Визначимо геометричні параметри конуса у перерізі:

Радіус кола конуса:  $r_x = x \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0.7002x$ ;

$$R_k = \frac{r_x}{\sin \beta} = \frac{r_x}{\cos \alpha} = \frac{0.7002x}{0.819} = 0.854x$$

Зовнішні навантаження, що викликають у матеріалі стінки конічного днища кільцеві напруження такі:

внутрішній надлишковий тиск газу  $P_H$ ;

гідростатичний тиск рідини, що дорівнює:  $P_p = (H_p + H_k - x)\gamma$ .

Колові напруження знаходимо виходячи з рівняння Лапласа.

Враховуючи, що  $\rho_m = \infty$ , а  $\rho_m = R_k$  і, що  $P$  являє собою суму зовнішніх навантажень

$$\sigma_\kappa = \frac{(P_H + P_p) \cdot R_k}{\delta_\kappa}$$

Колові напруження досягають свого максимального значення в основі конуса при  $x=H_k$ :

$$\sigma_\kappa = \frac{(P_H + H_p \cdot \gamma) \cdot 0.854 H_p}{\delta_\kappa} = \frac{(0.8 \cdot 10^6 + 12 \cdot 10400) \cdot 0.854 \cdot 3.5}{0.006} = \frac{2.43}{0.006} = 405 \text{ МПа}$$

Для визначення меридіональних напружень розглянемо сили, що діють на відсічену частину оболонки (Рис.4.6).

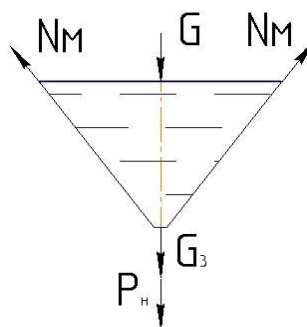


Рис. 6 Схема зони 4.

На відсічену частину діють зовнішні сили:

Сила надлишкового тиску газу над поверхнею рідини в ЦКТ, що дорівнює  $P_H \pi r^2$ ;

сила гідростатичного тиску рідини, яка діє в оболонці над рівнем перерізу

$$[H_p + (H_k - x)] \cdot \gamma \pi r^2$$

Маса рідини, що міститься у відсіченій частині конуса, створює силу

$$G_3 = \frac{1}{3} \cdot \pi r^2 x \gamma$$

Внутрішніми силами, що діють на відсічену частину, є сили пружності матеріалу оболонки:

$$N_m = \sigma_m \cdot \pi \cdot 2r_x \cdot \delta_k$$

Меридіональні напруження визначимо виходячи з рівняння рівноваги сил, що діють на відсічену частину (рис.4). Складемо рівняння рівноваги сил, що діють у проекціях на вертикальну вісь:

$$N_m \cdot \cos \alpha - P \pi r_x^2 - G_3 = 0$$

Підставляючи значення сил, що діють, в рівняння рівноваги та розв'язуючи його відносно  $\sigma_m$ , знайдемо меридіональні напруження у перерізі

$$\sigma_m \cdot \pi \cdot 2r_x \cdot \delta_k \cdot \cos \alpha - [H_p + (H_k - x)] \cdot \gamma \pi r_x^2 - P \pi r_x^2 - \frac{1}{3} \cdot \pi r^2 x \gamma = 0$$

$$\sigma_m = \frac{r_x \cdot \left[ P + H_p \gamma + (H_k - x) \gamma + \frac{1}{3} \cdot x \gamma \right]}{2 \delta_k \cdot \cos \alpha}$$

Меридіональні напруження досягають максимального значення в основі конуса, коли  $x = H_k$  та рівні нулю, коли  $x = 0$ , а отже і  $r_x$  дорівнюють нулю, тобто у вершині конуса.

$$\sigma_m = \frac{0,7002 \cdot 3,5 \cdot \left[ 0,8 \cdot 10^6 + 12 \cdot 10400 + \frac{1}{3} \cdot 3,5 \cdot 10400 \right]}{2 \cdot 0,006 \cdot \cos 35^\circ} = \frac{1,376}{0,006} = 229 \text{ МПа}$$

Отже, з вище наведених розрахунків видно, що розрахунок стінки апарату виконано вірно, про що свідчать рівні значення напружень, які менші за допустимі.

### Розрахунок діаметра патрубків.

Визначимо діаметр патрубку для подачі сусла у апарат, подачі дріжджів та виходу пива та дріжджів. Оскільки основний продукт у ЦКТ має великий об'єм, то діаметр труби визначимо за значенням подачі сусла.

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot G_c}{\pi \cdot v_c}},$$

де  $G_c$  – секундна подача сусла в апарат,  $v_c$  – швидкість подачі сусла.

Час наповнення апарату однією варкою сусла триває 80 хвилин. У ЦКТ вміщується 7 варок. Тоді весь час наповнення триває 560 хвилин. Визначимо подачу сусла  $G_c = V/T = 255/(560 \cdot 60) = 7,59 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,59 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1}} = 0,098 \text{ м}$$

Приймаємо трубопровід діаметром  $d_c = 100 \text{ мм}$ .

Можемо визначити швидкість подачі дріжджів  $v_d = \frac{4 \cdot G_d}{\pi \cdot d_c^2}$

Подача дріжджів  $G_d = 5/4800 = 1,04 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$

$$v_d = \frac{4 \cdot 1,04 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,1^2} = 0,13 \text{ м/с}$$

#### 4.4. Технологія машинобудування

##### Загальна інформація

Складання машин та апаратів — технологічний процес утворення з'єднань складових виробу (поєднання, координування і фіксація деталей у вузли, а вузлів у машину).

У результаті складання досягається необхідне взаємне розташування деталей, що поєднуються, відносна рухомість або нерухомість елементів, що сполучаються, і міцність конструкції.

Будь який виріб складається з окремих частин, з яких найпростішою є деталь (елемент), що не має ніяких з'єднань. Сукупність декількох деталей, що

з'єднані і скріплені між собою і представляють самостійну частину, називається вузлом. Залежно від конструкції і числа деталей у вузлі вони можуть бути різної складності.

Деталь або вузол, з якого починається складання, називається базовою деталлю або базовою групою. Базова деталь визначає положення всіх інших складальних одиниць. Щоб полегшити процеси складання, використовують технологічні схеми складання, на яких умовно зображена послідовність процесу.

Оскільки апарат ЦКТ є ємкістю без механічних елементів, то логічно зупинитись на складанні розбірного з'єднання трубопроводів, яких є достатня кількість при приєднанні його до технологічних трубопроводів.

При виготовленні і монтажі технологічних трубопроводів найбільш поширеним способом отримання нероз'ємних з'єднань є зварювання. Зварювати трубопроводи можна промисловим способом, що забезпечує виконання вимог СНиП III-Г.9-62. При цьому повинні бути максимально використані автоматичні або напівавтоматичні способи зварювання.

При виготовленні і монтажі технологічних трубопроводів застосовують в основному такі види зварювання: ручне газове, ручну електродугове за допомогою металевих електродів, напівавтоматичне і автоматичну електродугову під шаром флюсу, напівавтоматичне і автоматичну електродугову в середовищі захисних газів, електроконтактні стикового. Останнім часом впроваджується зварювання порошковим і голою електродної дротами, а також стикова при високочастотному нагріванні.

Найбільшого застосування при виготовленні трубопроводів отримали способи зварки, які виробляють на постійному і змінному струмі. При зварюванні на постійному струмі до виробу приєднують провід, з'єднаний з плюсовим полюсом машини, а до електрода – провід від мінусового полюса машини. Таке з'єднання зварювального кола називається з'єднанням з прямою полярністю. Зворотне з'єднання зварювальних проводів – плюс на електроді і мінус на виробі називається з'єднанням зі зворотним полярністю.

Однак значним недоліком зварних з'єднань є їх неможливість розібрати. А для такої необхідності є достатньо причин. Тому використовують фланцеві з'єднання різних конструкцій.

Згідно академічного тлумачного словника фланець це з'єднувальна частина труб, валів і т.ін., що має форму плоского кільця або диска з рівномірно розташованими отворами для болтів (рис. 11.1). Служать для міцного і герметичного сполучення труб, встановлення трубопровідної арматури, приєднання труб до апаратів, машин, резервуарів, що містять або служать для транспортування рідких, газоподібних речовин, для з'єднання валів у муфтах фланцевих з'єднань.

Фланці отримали широке застосування в трубопровідному транспорті, починаючи від комунальних мереж і закінчуючи нафто- і газопроводами високого тиску. Таке поширення обумовлене низкою причин і основні з них - це універсальність їх застосування при забезпеченні герметичності і міцності конструкцій а також простоту виготовлення, розбирання і складання. Фланцеві з'єднання – найбільше широко застосовуваний вид роз'ємних з'єднань також у харчовому машинобудуванні.

Вони зазвичай використовуються попарно. В центральний отвір першого фланця вставляється труба або інші елементи трубопроводу та приварюється до нього. В іншій фланець вставляється наступна труба, після чого два фланці стягуються болтами. Для цього по зовнішньому периметру фланців передбачено отвори. Для утвореного фланцевого з'єднання потрібно підібрати правильне фланцеве кріплення (болти, гайки, шайби, шпильки), вид і міцність якого безпосередньо залежать від тих же тиску, температури й типу транспортованого середовища. Між ущільненими поверхнями встановлюється прокладка, що і дозволяє забезпечити герметичність при відносно невеликому зусиллі затягування болтів(рис. 4.1).

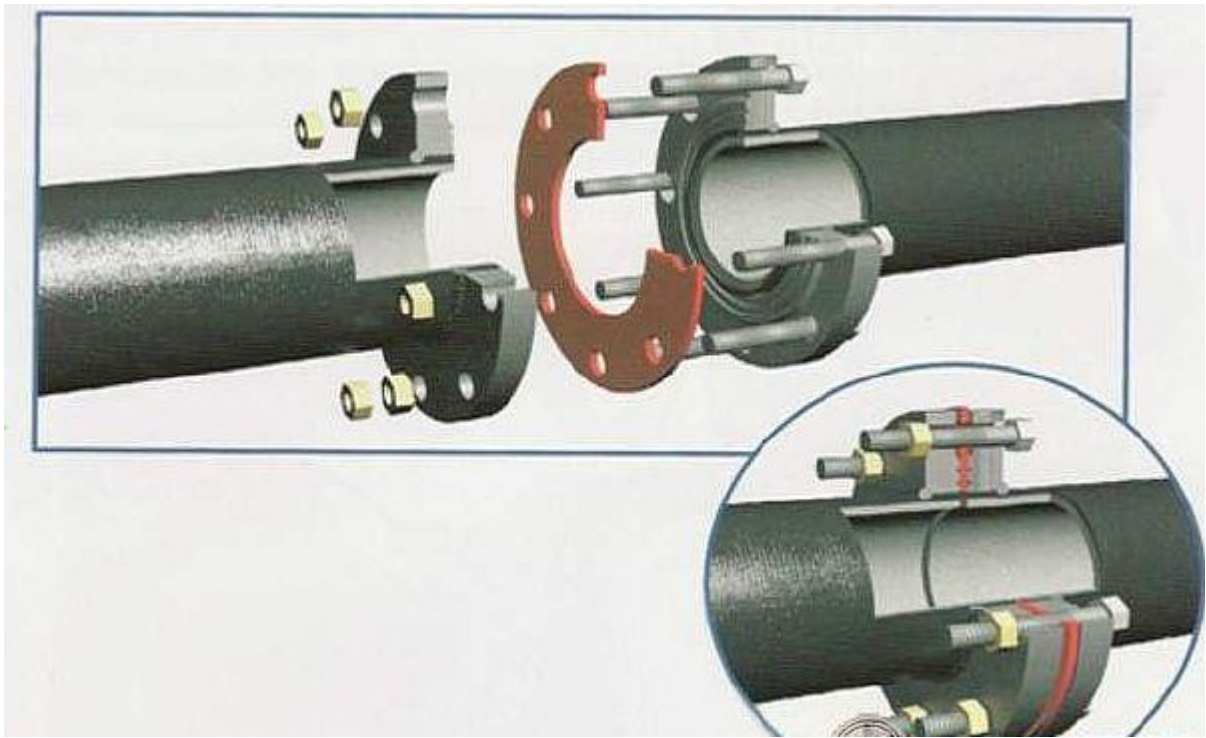


Рис. 4.1 Фланцеве з'єднання та його елементи

Як будь-яке інше, фланцеве з'єднання арматури, поряд з безумовними перевагами, має не найсильніші сторони. Але у випадку фланцевої арматури баланс між ними все-таки частіше складається на користь «плюсів», і саме на фланцевих з'єднаннях зупиняють свій вибір проєктувальники трубопровідних систем. Це наочно підтверджується високою питомою вагою фланцевої арматури серед інших різновидів арматури приєднання до трубопроводу.

До фланцевих з'єднань пред'являють наступні вимоги:

- забезпечення герметичності при заданих температурі та тиску;
- достатня міцність і жорсткість з'єднання;
- багаторазовість збирання та розбирання;
- взаємозамінність.

Для технологічної частини проєкту було вибрано фланцеве з'єднання трубопроводу діаметром 54 мм, через який подається миючий розчин на мийну головку (рис. 4.2).

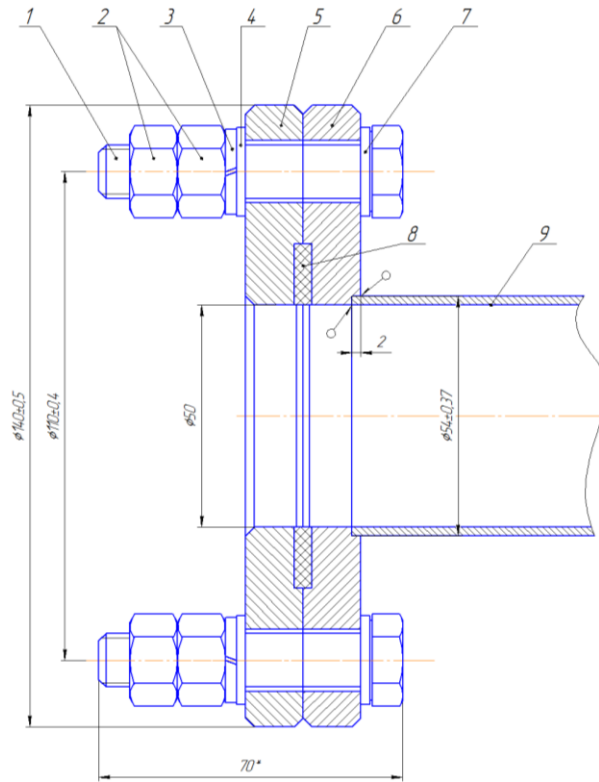


Рис. 4.2 Фланцеве з'єднання трубопроводів для подачі мийного розчину

Фланцеве з'єднання складається згідно технологічної карти складання (рис. 4.3).

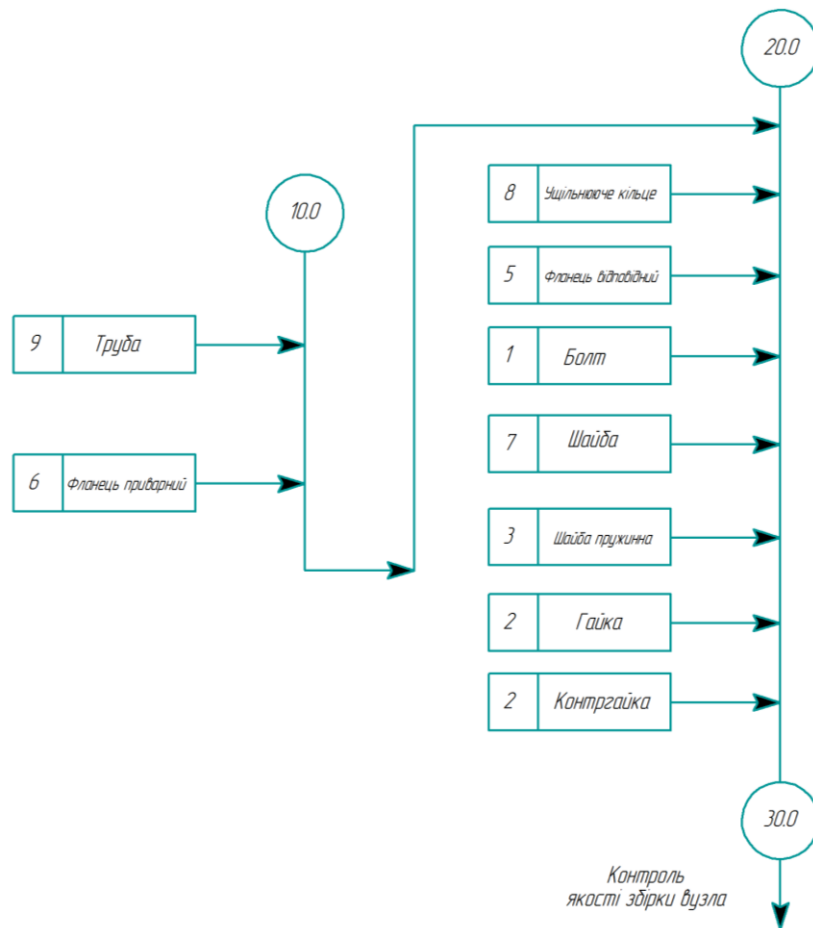


Рис. 4.3 Технологічна карта складання

До кожної труби приварюється півкільце фланця, операція 100. Потім фланці труб розміщують торцями одна до другої та встановлюють прокладку. Болти фланцевого з'єднання вставляють в отвори на фланцях надівають на них шайбу просту та наступну пружинну для запобігання розкручуванню і наживляють гайки. Симетрично затягуючи гайки добиваються рівномірного їх затягування за допомогою динамометричного ключа.

Кінцевим процесом складання є перевірка герметичності з'єднання.

#### 4.5. Правила монтажу, та технічного сервісу модернізованого обладнання

##### Монтаж.

Сучасний циліндро-конічний танк виготовляють із нержавіючої сталі з полірованою внутрішньою поверхнею. Їх виготовляють з верхньою циліндричною частиною та нижньою – у вигляді конуса. Нижня частина конусного днища виконана з'ємною для очищення та миття, а також для візуального огляду апарата після дезінфекції. Через люк на верхній кришці всередину апарата входить труба зі встановленою на ній миючою голівкою. Нижня частина циліндричної оболонки закінчується опорним кільцем, за допомогою якого апарат встановлено на перекритті будівлі на опорних ніжках. Також ЦКТ оснащено шпунт апаратом та вакуум-переривачем з гідравлічним затвором, також є штуцери з арматурою для підводу сусла, дріжджів, двооксиду вуглецю, миючих рідин, холодоносіїв в охолоджуючі сорочки.

Корпус циліндрично-конічного танку виконують зварним. Оскільки об'єм апарата значний, то можливо привезення апарата у розбірному стані і виконувати укрупнюючу зборку на монтажних майданчиках. На пивзаводах обладнання приймається по спеціальних документах (обов'язково має бути паспорт посудини, що працює під тиском). Транспортування ЦКТ здійснюється в основному річковим або морським шляхом, а безпосереднє місце встановлення апарат привозять автотранспортом із спеціальним супроводом.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Понамаренко В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> Несчетний Д.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Монтаж</b>	<b>230601.KP.04.013.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> 1/1

Після приймання обладнання заводом здійснюється розконсервування та розпаковування. Проектований апарат має досить великі розміри, тому доцільно було б пакувати лише з'ємні частини ЦКТ – нижній конус, кришку тощо.



Оскільки ЦКТ має теплоізоляцію і у вертикальному положенні займає малу площу, то він може бути встановлений як у приміщенні, так і поза ним. Тому для встановлення ЦКТ у необхідне положення використовують крани. На апараті є монтажні та підйомні пластини з отворами. Встановлюють спочатку на фундамент або на перекриття нижню обойму корпусу, яка закінчується опорним кільцем, а потім піднімають, центрують та закріплюють.



Але встановлення здійснюють лише після підписання акту встановлення на фундамент, який включає:

- розміщення апарата на фундаменті,
- суміщення отворів в опорах з отворами під анкерні болти,
- встановлення ЦКТ у проектне положення , вивірка у горизонтальній та вертикальній площинах,
- підливка бетону у зазор між отворами апарату і фундаменту.

Менші апарати ЦКТ на завод поставляють в зібраному вигляді. Після розпаковки танк очищають, знімають з робочих поверхонь антикорозійне змащення і встановлюють на чистому полі з кріпленням або без кріплення , але так , щоб циліндр не мав нахилу, оскільки нахил може спричинити падіння апарата та порушення підлоги. Вивіряють охолоджувач по рівню.

Після вивірки обладнання остаточно закріплюють на фундаменті болтами та фіксують контргайками. Затяжку болтів здійснюють динамометричними ключами і після того як підливка бетоном досягла 70% проектної міцності.

Розміточні роботи для правильної орієнтації технологічного обладнання, конструкцій і трубопроводів відносно головних осей виконують згідно робочих креслень. Після завершення встановлювальних робіт апарат під'єднують до технологічних мереж заводу. Здійснюється монтаж трубопроводів, запірної арматури, окремо на кришку встановлюються вакуумний клапан, клапан надлишкового тиску, віконце для спостереження, миюча головка . Здійснюють всі передбачені заходи автоматизації – встановлюються датчики рівня, температури, манометри тощо.

Змонтований технологічний апарат піддають індивідуальним випробуванням – на міцність та герметичність. До початку проведення випробування повинно бути закінчено монтаж системи змащення, охолодження, протипожежної безпеки, автоматизації та пусконаладжувальних робіт. Початок та строки проведення випробувань встановлено графіком та погоджено з організаціями - постачальниками та замовником.

Посудину, що працює під тиском випробовують пневматичним способом. Після завершення всіх робіт оформлюють акт приймання обладнання.

При випробуванні працювати без сторонніх стуків та інших шумів. Недопустимі істотні вібрації корпусу і приєднаних до нього трубопроводів.

## **Технічна експлуатація.**

При правильній експлуатації ЦКТ значних виходів з роботи не спостерігається. Для цього необхідно контролювати тиск, температуру в апараті за допомогою встановлених датчиків. У спеціально обладнаній комп'ютерами кімнаті технологічний процес показано на моніторах зі всіма рухами рідин. Там же можна регулювати деякі операції. Безпосередньо у відділенні перевіряється міцність зварних швів, болтові з'єднання. Обов'язково здійснюється контроль за трубопроводами, оскільки агресивне середовище негативно впливає на матеріал труб.

В ЦКТ у процесі роботи надходить не фільтрований продукт, тому для забезпечення відповідної якості готового пива, попередження розвитку сторонньої мікрофлори апарат необхідно піддавати обробці не лише водою, а іншими миючими засобами. Ця необхідна частина технологічного процесу здійснюється за допомогою станції СІР на підприємстві та миючої головки безпосередньо в ЦКТ. Миття можна здійснювати :

- розчином їдкою натру в гарячому стані, але недоліком є те, що в реакції з вуглекислою утворюється не розчинний гідрокарбонат натрію і робить лужний розчин не ефективним, до того ж ЦКТ не розраховані на обробку при температурах більше 90°C, тому використовують помірні температури - 35°C;

- кислотна одностадійна обробка, не заважає наявність вуглекислоти, але важко досягти бажаного результату, оскільки видалення частинок не достатнє.

Безпечний доступ до обладнання на верхній плиті повинен бути можливим у будь-який момент. Для цього на всіх ЦКТ, не залежно від того, ззовні чи всередині приміщення розташований танк, повинна бути встановлена площадка для обслуговування, розташована на одній площині з верхньою плитою.

Перед першим заповненням танку необхідно перевірити :

- правильність установки клапанів, вентилів. Вони повинні бути щільно посаджені в гнізда конуса та затягнуті гайкою;
- правильність встановлення кришки з усіма пристроями на ній.

Болти, на які кріпиться з'ємний конус, повинні бути затягнуті для забезпечення надійної герметичності з'єднання конуса з циліндром.

Потім відкривають вентиль подачі суслу і через 3...5 хвилини в охолоджувач можна подавати холодоагент. Ступінь охолодження зброджуваного продукту регулюється дистанційно, з комп'ютера, що встановлений на у кімнаті керування.

Після закінчення роботи необхідно :

відключити подачу холодоагента;

відкрити гайку кріплення трубопровода холодоагента, а також гайку кріплення конуса;

очистити апарат за допомогою системи миття СІР по спеціальній інструкції.

### **Ремонт апарата**

Для виконання ремонтних робіт використовують метод планово-попереджувального ремонту ( ППР ) обладнання.

ППР передбачає профілактичний контроль за виконанням планово-ремонтних робіт та технічним станом машини.

Значення ППР – полягає в попередженні несправностей в попередньо встановлений час в запланованому об'ємі в період експлуатації обладнання.

ППР передбачає виконання слідуєчи робіт по технічному догляду та ремонту :

1. міжремонтне обслуговування ;
2. профілактичний огляд ;
3. поточний ремонт ;
4. середній ремонт ;
5. капітальний ремонт.

Організація ППР – передбачає наявність наступної документації :

- карточка машини ;
- журнал обладнання ;
- дефектна відомість.

Час виконання робіт планується від структури та тривалості ремонтних циклів. На заводі ще не розроблено графіка проведення ППР. Але все ж для бродильного відділення проведення ремонтів не ускладнюється простоями, оскільки у періоди спаду виробництва можливе використання не всіх ЦКТ, що встановлені у відділенні і це дозволяє проводити деякі види ремонтів та огляди.

Тривалість ремонтних робіт залежить від категорії складності ремонту обладнання.

Якщо охолоджувальні сорочки не охолоджують продукт , то необхідно відкрити вентиль подачі холодоагента в сорочки .

Якщо охолоджувальні сорочки не охолоджують продукт із-за високої температури холодоносія, то необхідно збільшити подачу холодоносія в теплообмінні сорочки охолоджувача або перевірити систему підготовки гліколю для охолодження .

Регулярно потрібно контролювати стан охолоджувальних сорочок.

При експлуатації ЦКТ можливі наступні поломки.

- Не спрацьовує вакуумний клапан , що може призвести до деформації апарата – «складування». При цьому необхідно замінити цей клапан.
- Манометр показує неправильні значення, або перевищує допустимі при цьому з апаратом нічого не відбувається . Необхідно або замінити манометр новим, або перевірити та налагодити несправний.
- Не спрацьовує клапан надлишкового тиску, що може призвести до розривання ЦКТ та значної втрати пива. В першу чергу необхідно замінити цей клапан, потім перевірити роботу манометра.

- Можливе зривання миючої головки апарата. Перевірити трубопроводи на закупорювання, тиск у трубопроводі подавання миючого розчину, різьбу на миючому пристрої та при необхідності замінити.

Не спрацювання запобіжної арматура особливо в зимовий період для ЦКТ, які розташовані поза приміщенням, можливо при її замерзанні або залипанні. Для налагодження роботи необхідно обігріти верхню арматуру, та контролювати роботу з площадки.

Всі ремонтні роботи проводяться механічною службою підприємства. Огляди може здійснювати і оператор при проходженні обходу та надавати необхідну інформацію про стан обладнання майстру та черговому механіку.

Небезпека експлуатації ЦКТ полягає у зриві болтів, кришок, випинанні та розриві днищ та інших видів руйнувань.

Основними причинами аварій є дефекти виготовлення, корозійне руйнування, порушення технологічного режиму, правил експлуатації, несправність арматури, приладів та пристроїв безпеки.

Конструкція має бути надійною і забезпечити безпеку при експлуатації, можливість внутрішнього огляду, очищення і ремонту. Зварні шви повинні бути тільки стиковими і доступними для контролю при виготовленні, монтажу, експлуатації посудини. Призначені для цього матеріали повинні мати сертифікат якості.

Стаціонарні посудини, залежно від їх конструкції і призначення оснащують відповідними контрольно-вимірювальними пристроями, запобіжниками, датчиками рівня, температури, запірною і регулювальною арматурою.

Для можливості безпечного свідоцтва кожний ЦКТ повинен бути оснащено верхнім та нижнім люком, діаметр отворів яких не менше 450мм. Нижній люк являє собою сегмент вертушки конуса, він повинен бути змонтований таким чином, щоб дана частина конуса не падала вниз, коли всі болти вже відкручені.

Верхній люк розташований на верхній плиті. При проведенні огляду згори, що особливо при контролі стінок ,людина, що спускається за допомогою троса та пояса. У кожному випадку перед спусканні необхідно проводити повну вентиляцію танку.

Найбільш небезпечним виробничим фактором і бродильно-лагерному відділенні є виникаюча при бродінні вуглекислота. Для ЦКТ проблема видалення вуглекислоти вирішена, оскільки виробник пива зацікавлений у зборі цього газу та після проходження рекуперації знову використовувати її для потреб виробництва.

Безпечний доступ до обладнання на верхній плиті повинен бути можливим у будь-який момент. Для цього на всіх ЦКТ, не залежно від того , ззовні чи всередині приміщення розташований танк, повинна бути встановлена площадка для обслуговування, розташована на одній площині з верхньою плитою.

Техніка безпеки є загальною справою всіх робітників пивоварного підприємства.

## 5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Основний показник ефективності автоматизації – собівартість готової продукції, оскільки остання всебічно відображає стан виробництва. Найбільша доля в затратах у виробництві харчової промисловості припадає на вартість сировини і основних виробничих матеріалів. Тому можна зробити висновок, що основними задачами автоматизації зведені до мінімуму витрат сировини при виробництві пива і підвищення якості останнього.

### Опис апаратурно-технологічної схеми.

У нинішній час вважається, що для прискорення виробництва пива найбільш раціональним є проведення бродіння і доброджування пива в одному апараті циліндро-конічної форми. При висоті стовпа зброджуваного суслу в таких апаратах 7...10 м спостерігається підвищення конвенції суслу, що визвано виділенням і підніманням до поверхні диоксида вуглецю і теплових потоків, величина яких залежить від інтенсивності бродіння, що регулюється підтриманням певної температури, при безпосередній участі сорочки охолодження. Кімнатне охолодження дріжджів відбувається при охолодженні конусної частини апарата впродовж останніх 24...36 годин бродіння. При інтенсивній аерації суслу і підвищеній дозі дріжджів головне бродіння при температурі 8...9°C закінчується за 7, а доброджування за 5...7 діб. Весь цикл бродіння і доброджування складає 12...14 діб.

Після приготування суслу його охолоджують і зливають в бродильний апарат, де сусло проходить стадії головного бродіння та доброджування. Сюди ж додаються дріжджі для розброджування. По закінченню доброджування пиво насосом перекачують в збірник, з якого далі у сепаратор-освітлювач.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Паномаренко В.В.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> <i>Несчетний Д.А.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Автоматизація</b>	<b>230601.KP.05.013.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>	

В сепараторі пиво звільнюється від остатків дріжджів, інших мікроорганізмів і різних мілко дисперсних часточок. Далі освітлене пиво під тиском CO<sub>2</sub> подають в відділення розливу.

Технологічні умови систем автоматизації

Таблиця 5.1

/п	Машина, апарат, агрегат	Кількість	Параметр	Значення параметра	Система автоматизації			Місце контролю і регулювання
					Вид системи автоматизації	Характер контролю і управління	Допоміжні вимоги	
	електроприводи		стан	–	контроль і управління	ручне, місцеве, дистанційне	сигнал стану (пуск/стоп)	на щиті
	запірні вентилі		положення	–	контроль і управління	ручне, місцеве, дистанційне	сигнал положення (відкрито/закрито)	на щиті
	Циліндричний бродильний апарат	5	рівень	8900	контроль	сигналізація	світлова	на щиті
					регулювання	стабілізація	вплив на подачу продукту	на місці
			температура	10 °С	контроль	показання, запис	–	на щиті
					регулювання	стабілізація	вплив на подачу розсолу	на щиті
тиск	0,06 МПа	регулювання	стабілізація	вплив на	на щиті			

						витрату CO <sub>2</sub> із апарата	
		кон центрація CO <sub>2</sub> в вихідних газах	0,5 %	кон троль	показа ння, запис, сигналізація	світ лова	на щиті
		гус тина	1,2 г/см <sup>2</sup>	кон троль	показа ння, запис	–	на щиті
	Ф арфас	рів ень	69 00 мм	рег улювання	стабілі зація	впл ив на подачу продукту	на місці
				кон троль	сигналі зація	світ лова	на щиті
	С епаратор	чис ло обертів	30 00об/хв	кон троль	показа ння	–	на місці

### Опис схеми автоматизації бродильного відділення.

Схема автоматизації бродильного відділення з циліндро-конічним бродильним апаратом складає:

- автоматичний контроль і регулювання температури в бродильному апараті і фарфасі;
- місцеве і дистанційне управління електроприводами і клапанами даної системи;
- автоматичний контроль і регулювання рівнів в ЦКТ, фарфасі ;
- контрольну і аварійну сигналізацію при відхиленні параметрів від номінальних значень;
- контроль і стабілізацію тиску в трубопроводах з гліколем, вуглекислим газом і очищеним повітрям;
- автоматичний контроль і регулювання тиску в ЦКТ та фарфасі;

➤ безперервний контроль концентрації диоксиду вуглецю у відхідних газах при зброджуванні пива;

контроль та регулювання тиску при подачі миючого розчину.

Для визначення концентрації диоксиду вуглецю у газах, які відводяться з апарата і характеризують протікання заданого технологічного процесу, використовують інфрачервоний газоаналізатор типу ГИАМ-5м (позиції 7а, 7б).

В даних газоаналізаторах переривчастий потік інфрачервоного випромінювання, проходячи через шар аналізуючої газової речовини, втрачає в ній частину енергії, що пропорційна вмісту компонента (CO<sub>2</sub>), що визначається. На шляху потоків, що досліджуються, встановлюються світлові фільтри і робоча камера, через яку протікає досліджуєми газова суміш.

Використання переривчастого потоку призводить до того, що в об'ємі промінеприймача виникає зміна температури, супроводжуючись коливаннями тиску. Ці коливання сприймаються мембраною конденсаторного мікрофона промінеприймача (позиція 7а), посилюються і випрямляються в електронному блоці (позиція 7б) і подаються на вторинний реєструючий пристрій (позиція 7в).

Для зміни витрати пива у сепараторі використовують індукційний витратомір типу ИРИМ (позиція 11а, 11б) в основу роботи якого покладено закон, згідно якого в рідині, яка рухається в магнітному полі, виникає ЕРС, величина якої є мірою витрати рідини.

Витратомір складається із первинного перетворювача (позиція 11а) і вторинного (вимірюючого) приладу (позиція 11б). Первинний перетворювач являє собою частину трубки, виготовленої із немагнітного матеріалу, яка встановлена між полюсами електромагніта. Сигнал, що йде від останнього крім корисної складової має поміхи, тому вимірюючий прилад включає в себе активний фільтр і підсилувач, вихідний сигнал якого є постійним струмом 0...5 мА. Цей сигнал поступає через електропневмоперетворювач (позиція 11в) на вторинний прилад (позиція

11г). В якості реєструючого пристрою використовується вторинний прилад типу ПВУ 2Э (позиція 11г).

Густина продукту при постійній температурі характеризує його склад і являється одним із основних показників якості пива.

В даній схемі використаємо поплавковий вимірювач густини типу ПЛ-1А (позиція 17а, 17б).

Робота приладу заснована на вимірюванні різниці Архімедової сили, що діє на коромисло, до якого підвішені поплавки, занурені в контрольований і порівняльний розчини.

При зміні густини контрольованого середовища коромисло повертається і кут повороту пропорційний різниці густин, внаслідок чого передається сигнал (пропорційний куту повороту) на вторинний пристрій типу КСУЗ (позиція 17в).

Для автоматичного регулювання рівня продукту в ЦКТ використаємо електронний сигналізатор рівня типу ЕСУ-2м (позиції 1а, 1б, 1в). Він складається з датчика верхнього рівня (позиція 1б), датчика нижнього рівня (позиція 1а) і електронного рівня (позиція 1в). При досягненні рівня максимального значення датчик верхнього рівня посилає сигнал на електронний блок сигналізатора, який в свою чергу передає цей сигнал на світлове табло (позиція НЛ1) і закриває клапан подачі продукту (позиція 1г).

При досягненні продуктом мінімального рівня, датчик мінімального рівня (позиція 1а) подає сигнал на електронний блок сигналізатора, який в свою чергу передає цей сигнал на світлове табло (позиція НЛ2) і відкриває клапан подачі продукту (позиція 1г). Аналогічним чином відбувається регулювання рівнів продукту в фарфасі.

Для автоматичного регулювання температури в бродильному апараті використовується комплект пневматичних приладів системи „Старт”, в склад якого входять: пропорційно-інтегральний регулятор типу ПРЗ-22 (позиція 2е) і прилад контролю пневматичний показуючий і самопишучий типу ПРЧ-2Э (позиція 2д). Прилад забезпечує регулювання, визначення положення

параметра, визначення контрольної точки і величини тиску на виконавчому механізмі (позиція РО) і, відповідно, має три шкали.

В якості датчика, в даному випадку, використовується манометричний термометр типу ТПГ-100 (позиції 2а, 2б). В якості виконавчого механізму зв'язаного з регулюючим органом (РО) використовується мембранний клапан типу 25с42нж (позиція 2с), встановлений на лінії подачі холодоагенту.

Аналогічно регулюється і тиск в бродильному апараті та фарфасі, але замість датчиків температури в бродильному апараті використовують датчик тиску типу МТ-711 (позиція 4а).

Регулятор тиску прямої дії, що працює без допоміжного джерела енергії (позиції 18а, 19а) типу РД-32 використовується для автоматичної підтримки заданого тиску в об'єктах магістрального трубопроводу з гліколем і очищеного повітря.

Для контролю тиску використовуються звичайні технічні манометри типу МОШ1-100 і електроконтрольні типу ВЭ-16Р (позиція 5а, 6а, 8а, 10а).

Місцеве управління електроприводами в даній схемі виконується за допомогою кнопок управління (позиції SB1...SB5), що розташовані на місці. Дистанційне управління здійснюється кнопками управління (позиції SB6...SB10), розташованими на щиті.

Сигналізація здійснюється сигнальними лампами або світловим табло (позиції HL1...HL13).

Для вимірювання частоти обертання вала сепаратора використовується електричний тахометр ТЭ 5 (позиції 20а, 20б). В якості датчика (позиція 20а) використовують тахометр змінного струму з постійними магнітами, а в якості вимірювального пристрою — стрілочний пристрій типу Ц1600/К (позиція 20б).

Принцип дії електричних тахометрів заснований на перетворенні первинним перетворювачем частоти обертання вала об'єкта в ЕРС з



## 7. Маркетингове обґрунтування проекту

Основою маркетингового рішення має бути маркетинг і економічне обґрунтування. Маркетингове обґрунтування має надати відповідь на питання: чи потрібен ринковий проект чи суб'єкт маркетингу знайде свій споживача. Необхідно проводити маркетингове дослідження з наступних позицій: макросередовище, мезосередовище та мікросередовище. Щоправда, за винятком кожне маркетингове рішення має маркетингове обґрунтування бути виправданим з фінансово-економічних причин. Якщо маркетинг обґрунтування відповідає на запитання: чи підходить маркетингове рішення? позиції на ринку, попит, задоволення потреб споживачів, то фінансово-економічне обґрунтування маркетингового проекту покаже, чи окупиться він чи принесе проект прибутки чи буде прибутковим. Враховуючи такі підходи, будь-який проект розвитку підприємства можна вважати маркетинговим проектом.

Основними маркетинговими проектами компанії можуть бути:

- проекти збільшення обсягів продажів і ринків збуту, збільшення заповнюваності відсоток ринку;
- проекти збільшення прибутку;
- проекти забезпечення обґрунтованості прийнятих рішень в галузі виробничо-торговельної діяльності;
- проекти підвищення рівня конкурентоспроможності підприємства і окремі товари;
- проекти, пов'язані зі зниженням собівартості продукції та загального рівня цін,

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Понамаренко В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник</i> Несчетний Д.А.	<i>Назва, додаткова назва</i>	<b>230601КР.07.013.ПЗ</b>				
<b>НУХТ</b>	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.	<i>Маркетинг</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>	

тобто забезпечення цінової конкурентоспроможності.

Загальний принцип оцінки результатів кожного проекту такий: порівняння витрат, необхідних для реалізації конкретного проекту, з результатами, що від нього очікують.

Оцінку економічної ефективності проекту можна умовно розділити на:

наступні етапи:

1 етап: обґрунтування доцільності проекту.

2 етап: передбачає визначення загальної суми інвестиційних витрат, що необхідні для реалізації проекту і повинні включати: вартість нових активів включаючи їх придбання, транспортування, монтаж, тестування, дизайн, складські та будь-які інші витрати, пов'язані з новим активи; витрати на демонтаж старих активів, які зняті з балансу та не зняті пов'язані з вартістю нових активів; надходження від реалізації знесеного майна за вирахуванням витрат на впровадження; бухгалтерський баланс (інше) вартість демонтованих активів, що збільшує загальні інвестиційні витрати; збільшення (зменшення) вартості оборотних активів за рахунок зміни обсягів виробництва (реалізація) очікуваної продукції.

Однак, якщо інвестиційні кошти вкладаються не одноразово, а поетапно,

тоді слід передбачити можливі втрати вартості інвестицій через чинники часу, тобто збільшення загального обсягу інвестицій. 3 етап: передбачає визначення очікуваних результатів та їх якості поточний чистий грошовий потік, який складається з очікуваного чистого грошового потоку прибутку та збільшення амортизаційних відрахувань.

Крок 4: порівняти витрати з результатами разом із заявкою методи оцінки знижок за показниками ефективності: скоригований чистий прибуток (різниця між скоригованим до поточного (реальна) вартість за величиною чистого грошового потоку за період діяльності проект та розмір інвестиційних

витрат, пов'язаних з його реалізацією); індекс (коефіцієнт) рентабельності (дозволяє співвіднести величину інвестиційних витрат з майбутній чистий грошовий потік для проекту, і це цілком може бути використовується не тільки для порівняльної оцінки, а й як критерій при прийнятті інвестиційного рішення про доцільність реалізації проекту); індекс прибутковості, що характеризує прибутковість проекту; період відшкодування, що є одним із найпоширеніших і зрозумілих оціночних показників ККД розрахунків цього показника можна здійснити двома способами методи - статичний (облік) і дисконтування.

У сучасних умовах пивоварна галузь характеризується дуже динамічним характером розвитку, жорсткою конкуренцією та має істотний вплив на стан національного господарства. Разом із тим цей сектор економіки об'єднує у собі дуже багато суміжних галузей, успіх або неуспіх яких у тому числі залежить від стабільної роботи пивоварів.

Окрім того, важливим чинником є привабливість пивоварних підприємств для іноземних та вітчизняних інвесторів. Сукупність цих чинників зумовлює необхідність здійснення моніторингу проблем, тенденцій та анонсів подій броварної промисловості. Аналіз ситуації на ринку є першим кроком у процесі визначення маркетингової стратегії будь-якого підприємства, формування конкурентної переваги бренду та дає змогу стрімко реагувати на виклики зовнішнього оточення. Пивна індустрія є важливим складником промислового комплексу України. Одне робоче місце в індустрії створює до 10 місць у суміжних галузях: виробництві солоду, пивоварного ячменю. До скарбниці держави надходять податки в розмірі 15 млрд. грн., із них 4,5 млрд. становить акциз (дані за 2017 р.). Пиво є досить рентабельним та популярним продуктом, тому вкладання коштів у його виробництво передбачає досить вигідні фінансові перспективи.

Аналіз ситуації на ринку пивоварної галузі України показав, що сьогодні кількість підприємств, зайнятих броварством, становить 125 од., при цьому

співвідношення виробничої потужності та кількості пивоварень на теренах України має таке відображення:

- 1 пивоварня – понад 1 млрд. л;
- 5 пивоварень – до 1 млрд. л;
- 6 пивоварень – до 200 млн. л;
- 15 пивоварень – до 20 млн. л;
- 98 пивоварень – до 600 тис. л.

Особливістю українського пивного ринку є його кон'юнктура, а саме те, що чотири міжнародні компанії володіють більшою часткою його обсягу. Ключовою подією на українському ринку стало підписання угоди 30 березня 2018 р. бельгійським концерном AB InBev і турецькою компанією Anadolu Efes щодо об'єднання своїх філій у Росії та Україні. Таким чином, лідерами нині виступають: AB InBev Efes, Carlsberg Ukraine, «Оболонь», «Перша приватна броварня».

Аналітики компанії Pro-Consulting стверджують, що більшість продукції на українському ринку представлена зарубіжними компаніями, чие виробництво знаходиться в Україні. Імпортне пиво займає 1–2% ринку, при цьому воно позиціонується як категорія преміум. Хоча споживачі все більше купують саме імпортне пиво, при цьому пиво в низькому ціновому сегменті та пиво середнього цінового діапазону займають по 40% і 30% ринку відповідно.

Слід відзначити, що обсяг виробництва пива в Україні за останні два роки має тенденцію до збільшення, про що свідчить проведена експертна оцінка ПрАТ «Укрпиво». Так, за 10 місяців 2018 р. обсяг виробництва становив 156,8 млн. дол., або 102,3% до аналогічного періоду 2017 р. А виробництво солоду в тому ж році – 288 004 т, що становить 105,8% до аналогічного періоду 2017 р.

Отже, спостерігаємо позитивну динаміку на ринку броварства. Стабілізацію ринку пов'язують із поступовим поліпшенням макроекономічної ситуації, зростанням індексу споживчої впевненості й акцизною політикою в 2017 р.

Варто згадати, що починаючи з 2012 р. ринок переживав щорічний спад і виробники значно скоротили обсяги виробництва напою (рис. 1).

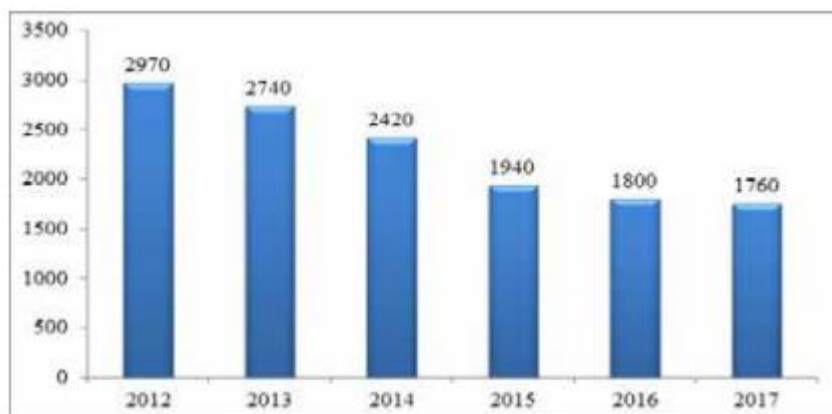


Рис. 1. Обсяги виробництва пива в Україні, 2012–2017 рр.

Нині використовується лише 43% потужності пивоварень, відповідно, й кількість працівників, зайнятих у галузі, скоротилася з 13,5 тис. до 10,4 тис. осіб (на 23%).

Бачимо, що виробництво пива скоротилося з 3 млрд. л у 2012 р. до 1,8 млрд. л у 2017 р. На це вплинули:

- втрата заводських потужностей на сході країни і в Криму;
- рішення уряду прирівняти пиво до міцного алкоголю;
- заборона на торгівлю з РФ з 2014 р.;
- падіння доходів населення.

Крім того, законодавчі ініціативи у цей період включали в себе збільшення акцизної ставки, зміну правил ліцензування та реклами (заборона зовнішньої реклами, у ЗМІ, на телебаченні). Акциз зріс в три рази з 2014 р., з 0,78 грн. за літр до 2,78 грн., через це ціни на пиво зросли, що стало ще одним негативним чинником розвитку індустрії.

Проте 8 листопада 2018 р. Верховна Рада України розглянула питання про ставки акцизного податку на алкогольні напої. Результат – у 2019 р. їх міняти не планують. Про це йдеться в законопроекті № 9260 «Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких інших законодавчих актів України щодо поліпшення адміністрування та перегляду ставок окремих

податків і зборів».

Ціни на пиво істотно відрізняються у всьому світі. Проект Amica-International підготував цікаву графіку, що показує, скільки пива можна купити за \$1 у різних країнах світу (табл. 1).

**Об'єм пива, який можна купити за \$1  
у різних країнах світу**

Країна	Об'єм пива / 1\$ (мл)
Португалія	568
В'єтнам	568
Ефіопія	556
Україна	526
Нігерія	515

В основі розрахунків – середні ціни на пиво в барах у різних країнах. Найдешевше – у Парагваї і В'єтнамі, де всього за \$1 можна отримати цілий келих пінного. Найдорожче пиво коштує в Ісландії: пінта пива в Рейк'явіку вам обійдеться в середньому в \$12,75. Україна увійшла до п'ятірки лідерів і зайняла четверте місце з 526 мл пива за \$1.

Незважаючи на те що виробництво пива знижується, збільшується його експорт. За даними Державної фіскальної служби, у 2017 р. Україна відправила на експорт більше пива, ніж у 2016 р. – в 1,7 рази, або 31,81 млн. USD у грошовому вираженні. У натуральному ж вираженні експорт збільшився в 1,5 рази, до більше ніж \$11 млн. (порівняно з 2016 р.).

Основні покупці українського пива – Алжир, Білорусь, Молдова. Найбільшу частку експорту займають компанії «Оболонь», Carlsberg Ukraine, «Перша приватна броварня», «САН ІнБев Україна».

У результаті проведеного дослідження можемо зробити висновок, що ринок пива вперше за довгий час зупинив падіння. Проте ще досить рано говорити про стабілізацію галузі та можливість повного використання виробничих потужностей. Законодавчі нововведення мають суттєвий вплив на розвиток броварства. В останні роки спостерігаємо активну державну політику, спрямовану на обмеження рекламної діяльності виробників пива, застосування нових правил ліцензування, сертифікації, а також регулярну зміну ставки акцизу. Судячи з усього, поправки в законодавстві, проведені в

2017 р., позитивно вплинуть на пивну індустрію, особливо на малі підприємства. Є ймовірність, що пивовари України зможуть відновитися після попередніх досить важких років. Головним трендом сучасності став розвиток ринку крафтового пивоваріння. Основний мотив споживачів – це нецінові характеристики товару, його смакові властивості, що дають змогу задовольнити потяг до нових вражень. У 2017 р. цей вид пива зайняв приблизно 1% ринку в Україні. Тренд прийшов зі США, де в 2017 р. крафтове пиво зайняло чверть обсягів виробництва.

## 6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Законодавчі акти України про охорону праці.

В Україні основною законодавчою базою охорони праці є прийнятий Верховною Радою Закон «Про охорону праці», а також «Кодекс законів про працю України». Їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці – це стандарти, правила, норми, положення, статути, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами і працівниками України.

Згідно закону, усі працівники підлягають обов'язковому соціальному страхуванню від нещасних випадків і професійних захворювань власником або органом, що ним уповноважений. Страхування здійснюються в порядку і мовами, що визначаються законодавством і колективним договором (угодою, трудовим договором).

Охорона здоров'я людей, працюючих в різних галузях народного господарства України, шляхом створення безпечних і надійних для людини умов праці являється головною задачею охорони праці. По-перше в основу державної політики України в області охорони праці покладений принцип профілактики, направлений на попередження можливості промислових травм і професійних захворювань. По-друге, проблема охорони праці на Україні вирішуються комплексно, на основі використання наукових досягнень. На їх базі розроблений і внесений ефективний комплекс заходів по охороні праці, який включає інженерно-технічні, медико-санітарні і профілактичні заходи. Згідно з законодавством України комплекс цих заходів здійснюються на

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Панамаренко В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник</i> Несчетний Д.А.	<i>Назва, додаткова назва</i>	230601КР.06.013.ПЗ				
<b>НУХТ</b>	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.	<i>Охорона праці</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1	

стадіях проектування, будівництва, модернізації і експлуатації промислового обладнання, технологічних процесів і інших об'єктів.

### **Охорона праці на підприємстві**

На заводі проводяться всі типи інструктажів, які контролюються інженером з техніки безпеки.

Мета інструктажу – навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючого середовища виконувати свої трудові обов'язки.

Ввідний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці з усіма робітниками, які приймаються на будь-які роботи, в тому числі з підрядних організацій; зі студентами, які прибули для проходження практики; а також з групами, які прийшли на екскурсію. Запис про його проведення здійснюють у журналі реєстрації інструктажу, а також у документі про прийом на роботу.

Первинний інструктаж проводять перед початком роботи безпосередньо на робочому місці з робітником або у кабінеті, лабораторії, де навчальний процес пов'язаний з небезпекою або шкідливими факторами. Він проводиться індивідуально або з групою осіб однієї професії по діючим на підприємстві інструкціям.

Програма первинного інструктажу розробляється керівником цеху чи дільниці, узгоджується зі службою охорони праці і затверджується керівником підприємства.

Повторний проводять з усіма робітниками на робочому місці у терміни, визначені відповідними діючими галузевими нормативами, але не рідше 1 разу на 3 місяці на роботах підвищеної небезпеки та 1 разу на 6 місяців – для решти робіт. Він проводиться аналогічно попередньому по тим самим питанням.

Позаплановий інструктаж проводять з робітниками в кабінеті охорони праці при введенні в дію нового або модернізації старого обладнання, приладів, інструментів; при порушенні робітниками вимог

нормативних актів про охорону праці. Об'єм та зміст визначається в кожному окремому випадку в залежності від причин та обставин, з яких виникла потреба його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться при виконанні разових робіт, не передбачених трудовими договорами, при ліквідації аварії, стихійного лиха, при проведенні робіт з наряд-допуском, розпорядженням. Об'єм та зміст визначається в залежності від виду робіт, які будуть виконуватися.

Всі робітники, які приймаються на постійну або тимчасову роботу повинні проходити інструктажі по охороні праці, навчання про надання першої медичної допомоги.

При незадовільних результатах перевірок для робітників протягом 10 днів додатково проводиться інструктаж та перевірка знань, або на видається допуск до виконання робіт для цільового інструктажу.

Контроль за виконанням правил техніки безпеки та охорони праці виконує інженер з техніки безпеки, який підпорядковується начальнику з виробництва. Він також входить до складу комісії, яка здійснює санітарний контроль приміщень.

Для перевірки знань посадових осіб і спеціалістів наказом по підприємству створюється комісія, яку очолює керівник (заступник керівника) підприємства.

### **Мікрокліматичні умови**

Для підвищення працездатності та збереження здоров'я важливо створити для організму людини стабільні метеорологічні умови праці.

В поняття метеорологічні умови повітряного середовища входять:

- температура;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Норми мікроклімату встановлюють в залежності від сезону року та категорії робіт. Сезони року діляться на теплий та холодний (середньо добова температура  $> +10$  ;  $< +10$  °C ). Категорія робіт - розмежування робіт на основі загальних енерговитрат організму. У бродильному відділенні пивзаводу встановлені норми, які узгоджені з технологічним процесом, який не дозволяє підвищувати температуру вище 16°C і при роботі апаратів присутня підвищена вологість. Але для спостереження технологічного процесу обладнана спеціальна кімната з відповідним технічним оснащенням. Тоді для виконання робіт повинні дотримуватися оптимальні норми :  $t = 20...24$  °C ;  $W = 40...60$  % і

$V = 0,1$  м/с . Для забезпечення встановлених норм на даному робочому місці в цеху використовують припливно-витяжну вентиляцію, яка дозволяє підігрівати повітря при необхідності. А у відділенні ЦКТ встановлено аварійну вентиляцію.

### **Виробничий шум та вібрація.**

Шум є одним з розповсюджених факторів зовнішнього середовища, що шкідливо діє на організм людини. Це всяке шкідливе або не бажане для людини звукове коливання. Основними фізичними характеристиками шуму є інтенсивність, тиск та частота коливань.

Нормування шуму здійснюється по граничному спектру шуму та рівню звуку в ДВА. Граничні рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівню звуку на робочих місцях приймаються у відповідності з «Санітарними нормами граничних рівнів шуму на робочих місцях»

На пивзаводі у бродильному відділенні збільшення рівня шуму спостерігається при роботі трубоповітродувок, електродвигунів, при перекачуванні пива, води, сусла та митті ЦКТ.

Для зниження шуму вданому цеху застосовується звукопоглинаюче покриття стін. Зниження шуму методом звукопоглинання основного на переході енергії звукових коливань частинок повітря, завдяки втратам на тертя в порах звукопоглинаючого матеріалу. Чим більше поглинається енергії, тим менше її відбивається назад в приміщення.

### **Електробезпека.**

В зв'язку з тим, що у приміщенні підвищений рівень вологості, може виникнути статична напруга на ЦКТ, до того ж прибирається приміщення спеціальними машинами, що живляться від електромережі, існує небезпека ураження людини електричним струмом. Електричний струм може викликати термічні ( опік ), хімічні ( розрив тканин ) та біологічні ( порушення біологічних процесів ) дії.

На пивзаводі бродильне відділення не відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою і тому для попередження ураженням електричним струмом робочих та службовців, що знаходяться в цеху.

Засоби по електробезпеці на цій ділянці передбачають :

- заземлення корпусів електрообладнання та елементів електроустановок, які можуть опинитись під напругою;
- застосування пожежних напруг для живлення переносних споживачів; застосування захисних засобів та пристроїв;
- блокування попереджувальною сигналізацією;
- проведення ряду організованих дій ( навчання, атестація ).

### **Екологічні проблеми сучасності та харчової промисловості.**

На даному етапі розвитку суспільства одною з проблем постає вирішення питань екології.

Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" визначає еколого - правовий механізм охорони навколишнього природного середовища, як сукупність організаційно - управлінських, економічних,

адміністративно - правових методів, за допомогою яких практично і реалізуються головні принципи даного Закону (ст. 3).

Охорона навколишнього середовища є актуальною проблемою для підприємств пивовиробництва. На сучасних підприємствах повинно відводитись належне місце заходам по забезпеченню відповідного стану навколишнього середовища.

Захист навколишнього середовища на підприємствах бродильної промисловості складається з виявлення джерел забруднень та їх локалізації. Особливе місце серед природоохоронних заходів займає впровадження безвідходних технологій, організація чищення сточних вод, розроблення заходів по утилізації відходів та встановлення додаткового обладнання для очистки викидів.

#### **Викиди бродильне відділення пивзаводу.**

При бродінні сусла виділяється велика кількість вуглекислого газу. На заводі розроблено комплекс заходів, які направлені на використання цього газу у технологічних процесах. Тобто газ не випускають у атмосферу, а піддають переробці.

Для утилізації 549 кг/год вуглекислоти передбачений комплект устаткування фірми UNION, де отримана в ЦКТ вуглекислота очищується від піни, промивається водою, стискується на компресорній установці до  $P = 15$  атм. В процесі двоступеневого стискування відбувається очищення вуглекислоти від вологи і мастила, що попадає з циліндрів компресорної установки. Остаточне осушування стисненої вуглекислоти відбувається на осушувачах, наповнених силікагелем.

Стиснута та очищена газоподібна вуглекислота під дією холоду холодильної установки, яка входить в комплект устаткування вуглекислотної станції, скраплюється і накопичується у спеціальному резервуарі. Необхідність установки резервуара викликана нерівномірним погодженим попитом вуглекислоти на власне виробництво пива.

## **Характеристика скидів.**

Кількість виробничих стічних вод визначається з урахуванням режиму роботи машинного залу та складає – 12 м<sup>3</sup>/добу, а хімічно забруднені стоки (етиленгліколь) – 30 м<sup>3</sup>. Спорожнення панельного випарника передбачається у внутрішню мережу умовно чистої води. Відвід етиленгліколю від технологічного обладнання при їх спорожненні здійснюється самопливом при допомозі насосів. Етиленгліколь подається у ємкість спеціальними машинами через з'єднувальну головку, розташовану нижче зовнішньої стіни будівлі. Вивід відпрацьованого етиленгліколю здійснюється з місця, що погоджені з санепідемстанцією.

Внутрішні мережі каналізації виконані із трубопроводів з нержавіючої сталі діаметром 32-80 мм.

У технологічному процесі передбачається використання агресивного середовища і хімічно-небезпечних речовин (аміак). Перед тим, як скидати відпрацьовану рідину, її необхідно попередньо профільтрувати, а потім обробити хімічним розчином. Після досягнення необхідного рівня вмісту шкідливих речовин, що відповідають санітарним нормам, рідину можна скидати в міську мережу каналізації.

Основна кількість стічних вод пов'язана з миттям технологічного обладнання, скляної тари, трубопроводів, автоцистерн. Мийка здійснюється розчинами лугів, кислот, хлору. Загальний стічний викид формується з усіх стічних потоків підприємства і впродовж доби змінює хімічний склад.

Незначна кількість стічних вод утворюється за рахунок розводу води на побутові потреби, пов'язані з підтримкою необхідного санітарно – гігієнічного стану виробничих приміщень, а також вологого прибирання території та пожежної безпеки.

Стічні води мають такий склад: хлориди, сульфати, аміак, нітрити, фосфати, залізо.

Рекомендують слідуючі заходи, щодо зниження кількості забруднюючих речовин в стоках заводу:

1. Передбачені установки (миючі головки на ЦКТ тощо) для безрозбірної мийки резервуарів та можливість повторного використання розчинів миючих засобів.
2. Передбачено будівництво очисних споруд для доведення вмісту речовин в стоках до норм ГДК.
3. Максимальне зменшення втрати через нещільності на всіх лініях технологічних процесів.

### **Характеристика відходів.**

Відділення приймання солоду обладнане системою аспірації, яка складається з циклону, рукавного фільтру, витяжного вентилятора. З рукавного фільтру зерновий пил вивантажується у мішки. Система аспірації блокується з устаткування подачі солоду на дробарку.

Скlobій, що утворюється в процесі розливу та транспортуванні пляшок, збирається в пересувні конвеєри і візками з підйомними вилами перевозиться до складу відходів, де пересипається в контейнери і вивозиться на склозаводи для переробки.

Для утилізації тепла пари, що виділяється при кип'ятінні сусла, встановлюється теплоутилізатор. Гаряча вода, яка утворюється при цьому, з температурою 84°C надходить в ємкості повторно використаної води і подається на технологічні потреби. Конденсат пари збирається в окремий збірник і подається на миття устаткування в системі СІР.

При використанні схем утилізації заплановано автоматичний прогрів повітрянагрівача перед включенням припливного вентилятора, встановлення датчика температури для обмеження витрат тепла на вентиляцію при температурі зовнішнього повітря нижче розрахункової для вентиляції – -19°C, автоматичне підключення схеми регулювання перед включенням припливного вентилятора, одночасне включення та відключення та одночасна робота припливного, витяжного вентиляторів та насосів циркуляційного

контуру проміжного теплоносія, блокування насосів по мінімальному рівню у баку проміжного теплоносія. Для вентиляційних систем передбачається автоматичне та дистанційне вимкнення у випадку пожежі. Щити вентсистем встановлюються в приміщенні венткамер. Для керування системою опалення застосовуються регулятори, які підтримують температуру у приміщеннях в залежності від зовнішньої температури.

## ВИСНОВКИ

**Метою магістерського дослідження** є удосконалення процесу миття циліндрично-конічного танка, що використовується для проведення процесів бродіння пива. Проведення якісного миття дозволяє видалити забруднення з внутрішніх поверхонь апарата, позбутись можливості інфекційного зараження апарата, зменшити витрати енергії на миття, підготувати апарат до наступного циклу бродіння. Використання ЦКТ для проведення процесів бродіння та доброджування в одному апараті має не лише технічні переваги, але й проведення процесів бродіння та доброджування проводиться на більш якісному рівні.

В результаті виконаної роботи встановлено недоліки миючої системи ЦКТ та на основі імітаційного моделювання розроблено пристрій (миючу головку) для миття та дезінфекції апарата, який дозволить раціонально використовувати миючий розчин без втрати ефективності миття ємкості.

Встановлено розподіл рідини в факелі розпилення по довжині та по його поперечному перерізі на різній відстані від торця сопла. Зміна конструкції головки, коли вона обертається лише в горизонтальній площині дозволяє запобігти нецільовій витраті рідини. Виконання сопел в вигляді плоских щілин забезпечує достатньо значну площу контакту рідини з поверхнею ємкості.

Для забезпечення якісного миття кришки апарата пропонується встановити окремий миючий пристрій в вигляді миючої головки третього класу з щілинними соплами.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Пономаренко	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Несчетний ДА	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Висновки</b>	<b>230601.КП.13.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мирончук ВГ, Якимчук ВМ, Гавва ОМ, Люлька ДМ, Чепелюк ОМ. Методичні рекомендації до виконання випускової кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». К.: НУХТ, 2022. С. 52.
2. Соколенко А.И., Українець, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко Справочник механика пищевой промышленности. К.: Арт Эк. 2004.с. 304.
3. Заплетніков І.М., В.Г.Мирончук, В.М.Кудрявцев. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М.Заплетніков. К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. С. 344
4. Безрук З.Д., Візнюк А.А / Створення систем технолого – економічного моніторингу забруднення атмосфери. / Екологія довкілля та безпека життєдіяльності: ТОВ «Знання» №3,2004р.
5. В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, М.М.Калакура, Л.Ф. Романенко. Загальні технології харчових виробництв: підручник. К. : Университет "Україна", НУХТ, 2010. с. 814.
6. Рвачов В.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: навчальний посібник для студентів механічних фахів. Одеса: Астропринт, 2001. С.320.
7. Ванін, В.В., В.В. Перевертун, Т.М. Надкернична. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD. К.: Каравелла, 2006.334 с..
8. Гліненко, Л.К., О.Г.Сухоносів. Основи моделювання технічних систем Львів: Бескид Біт, 2003. С.176.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Пономаренко</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник</i> <i>Несчетний Д.А</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Список джерел</b>	<b>230601.KP.00.013.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук МВ</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/2</b>

9. Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ. Вінниця: Нова книга, 2007. С. 648.
10. Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. Вінниця: Нова книга, 2004. С. 288.
- 11.Чепелюк О.О., О.А.Єщенко, Ю.Ю.Доломакін. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч К.:НУХТ, 2017. С. 311.
- 12.Богомолов О.В., П.В.Гурський, В.П.Богомолова. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних та харчових виробництв: навч.посібник. Харків: Еспада, 2005. С.432.
- 13.Система управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги : ДСТУ 4161 – 2003. [Чинний від 2003-07-01.]. К.: PELTA.ORG, 2003. 13 с. (Національний стандарт України)
- 14.Попов В.И. Оборудование предприятий пивоваренной и безалкогольной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 281с.
- 15.В.И.Попов, И.Т.Кретов, В.Н.Стабников и др. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности 6-е перер. и доп. Легкая и пищевая пром-сть, 1995. С.464.
- 16..Навч. посібник: Електронний ресурс  
[https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv\\_18/page6.html](https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/page6.html)
- 17.Огляд миючих головок ЦКТ: Електронний ресурс  
<https://www.youtube.com/watch?v=neVxqSUZcH8>