

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського  
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму  
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ  
Гарант освітньої програми  
«Обладнання переробної і харчової  
промисловості»  
Цвіркун Л.О.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр»  
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової промисловості»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА АПАРАТУ ДЛЯ  
НАСИЧЕННЯ НАПОЇВ ДІОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ»**

Виконав:

здобувач вищої освіти Красовський Артем Андрійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

к.п.н. Цвіркун Л.О. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній  
роботі немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кривий Ріг  
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму  
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти денна

Ступінь магістр

Галузь знань Механічна інженерія

Освітня програма Обладнання переробної і харчової промисловості

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми «Обладнання  
переробної і харчової промисловості»  
Цвіркун Л.О.

«    »    2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Красовському Артему Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення процесу та апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю»

Керівник роботи к.п.н. Цвіркун Л.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від «24» червня 2022 р. № 136 с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи «22» листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.

2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.

3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.

2. Аналітичний огляд апаратів для насичення напоїв діоксидом вуглецю.

3. Удосконалення конструктивних параметрів апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю.

4. Аналіз результатів досліджень.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел

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

Принципова схема дії сатураторів.

Автоматичний сатуратор АСК-1.

Синхронно-змішувальна установка для приготування газованих безалкогольних напоїв безперервним способом.

Схема струминно-барботажного сатуратора.

Графік газовмісту води через 15 хвилин (тиск 2,4 атм).

Залежність газотримання від температури та тиску.

Комплектація установки для виробництва газованих напоїв.

6. Дата видачі завдання «31» серпня 2022 р.

7. Календарний план

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи  | Строк виконання етапів роботи |
|-------|--|-------------------------------|
| 1     | Вступ  | 4.09-20.09.2022 р.            |
| 2     | Аналітичний огляд апаратів для насичення напоїв діоксидом вуглецю                      | 21.09-18.10.2022 р.           |
| 3     | Удосконалення конструктивних параметрів апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю | 19.10-08.11.2022 р.           |
| 4     | Аналіз результатів досліджень  | 09.11-15.11.2022 р.           |
| 5     | Висновки по роботі   | 16.11-22.11.2022 р.           |
| 6     | Оформлення роботи і подання до захисту   | 23.11-26.11.2022 р.           |

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

(підпис)

Красовський А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 52 сторінки, в тому числі основного тексту – 45 сторінок. Робота містить: 4 таблиці, 23 рисунка. Список використаних джерел складається з 12 найменувань.

Об'єкт роботи – засоби насичення напоїв діоксидом вуглецю.

Предмет роботи – насичення напоїв діоксидом вуглецю.

Мета роботи – удосконалення процесу та апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю.

У процесі виконання роботи було удосконалено конструктивні параметри апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю. Сконцентровано увагу на тому, що на процес насичення напоїв значний вплив мають п'ять основних факторів: тиск подачі CO<sub>2</sub> в напій; питомі витрати діоксиду вуглецю на насичення; склад напою; температура напою; розрідження, що створюється при попередній деаерації води.

Досліджено автомат АВ-4 із сатураційно-водоохолоджувальним агрегатом (СВА). Залежність вмісту діоксиду вуглецю в газованій воді від параметрів процесу з'ясовували за допомогою установки на базі промислового апарату АВ-4. Для СВА запропоновано струменево-барботажний сатуратор для насичення води діоксидом вуглецю У ньому не застосовуються спеціальності, датчики рівня та електронне управління. Всі деталі, що стикаються з водою виконані з нержавіючої сталі або нікельованої латуні.

З метою отримання стійкого розчину CO<sub>2</sub> та раціонального режиму проведення процесу насичення за вищенаведеною методикою на багатоцільовій установці з використанням струмино-барботажного апарату вивчено вплив тиску температури та геометричних параметрів сатуратора на концентрацію CO<sub>2</sub>, і навіть втрат CO<sub>2</sub> від часу витримки.

Встановлено раціональні режими газонасичення різних харчових рідин: для газонасичення води та молочної сироватки слід рекомендувати початковий тиск газу 2,6 атм і температуру 6 °С, при яких через 30 хвилин газоміст залишається максимальним, а найбільше раціональними режимами газонасичення лимонного сиропу є p=2,4 атм і та сама температура 6 °С.

Запропоновано удосконалений сатуратор з комбінованим струминно-барботажним впливом застосовувати, наприклад, при «автономному» виробництві такого напою як «смузі». Таке виробництво може здійснюватися в окремих автоматах, що встановлюються в місцях великого скупчення людей: магазинах, стадіонах, школах тощо. Використання удосконаленої конструкції сатуратора можливе тільки при наявності деяких допоміжних пристроїв. Для створення комплектної установки-автомата запропоновано застосовувати апарат для зберігання різних фруктів та овочів, пристрій для нарізання фруктів та овочів близьких до округлої форми.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** апарат для насичення напоїв діоксидом вуглецю, сатуратор, сатураційно-водоохолоджувальний агрегат, апарат для зберігання різних фруктів та овочів, пристрій для нарізання фруктів та овочів близьких до округлої форми.

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                             | 43   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 7  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АПАРАТІВ ДЛЯ НАСИЧЕННЯ<br>НАПОЇВ ДІОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ.....                     | 8  |
| 1.1 Апарати для насичення води газами – сатуратори.....   | 8  |
| 1.2 Способи та технічні засоби насичення води газами .....  | 13 |
| 1.3. Процес приготування лимонного газованого напою з м'якоттю.....                                     | 18 |
| РОДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТУ<br>ДЛЯ НАСИЧЕННЯ НАПОЇВ ДІОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ..... | 19 |
| 2.1 Принцип формування пазирів.....   | 20 |
| 2.2 Моделювання струминно-барботажного сатуратора.....  | 22 |
| 2.3 Автомат АВ-4 із сатураційно-водоохолоджувальним агрегатом.....                                      | 26 |
| 2.4. Процес насичення води газом у струменевих апаратах.....  | 30 |
| 2.5 Газоміст діоксиду вуглецю після газування.....  | 32 |
| РОДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....   | 35 |
| 3.1. Комплектація установки для виробництва газованих напоїв.....                                       | 35 |
| 3.2. Пристрій для короткочасного зберігання плодово-овочевої<br>сировини.....                           | 35 |
| 3.3 Пристрій для нарізування плодів.....  | 38 |
| ВИСНОВКИ.....   | 42 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....   | 44 |
| ДОДАТКИ.....  | 45 |

|                  |             |                    |               |             |  |             |             |                |
|------------------|-------------|--------------------|---------------|-------------|--|-------------|-------------|----------------|
|                  |             |                    |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>   |             |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>    | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |             |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |             | <i>Красовський</i> |               |             | <b>Удосконалення процесу та<br/>апарату для насичення<br/>напоїв діоксидом вуглецю</b> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  |             | <i>Цвіркун</i>     |               |             |  | 1           | 52          |                |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Омельченко</i>  |               |             | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>  |             |             |                |
| <i>Затверд.</i>  |             | <i>Цвіркун</i>     |               |             |  |             |             |                |

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** У роботі зазначено, що в харчовій промисловості добре відома технологія, яка використовується при виготовленні газованих напоїв, в якій охолоджені рідини насичуються в сатураторах під тиском діоксидом вуглецю, що має консервуючу властивість. На практиці найбільш поширені способи організації взаємодії фаз, наприклад прямоточним рухом в апараті, перемішуванням або циркуляцією рідини, циркуляція газу. Для проведення процесів розчинення газів широко використовуються апарати із високим барботажем шаром.

**Мета та задачі дослідження.** Метою магістерської роботи є удосконалення процесу та апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю.

**Практична та наукова новизна.** У процесі виконання роботи було досліджено автомат АВ-4 із сатураційно-водоохолоджувальним агрегатом (СВА). Залежність вмісту діоксиду вуглецю в газованій воді від параметрів процесу з'ясовували за допомогою установки на базі промислового апарату АВ-4. Для СВА запропоновано струменево-барботаажний сатуратор для насичення води діоксидом вуглецю У ньому не застосовуються спеціальності, датчики рівня та електронне управління. Всі деталі, що стикаються з водою виконані з нержавіючої сталі або нікельованої латуні.

Сконцентровано увагу на тому, що на процес насичення напоїв значний вплив мають п'ять основних факторів: тиск подачі  $\text{CO}_2$  в напій; питомі витрати діоксиду вуглецю на насичення; склад напою; температура напою; розрідження, що створюється при попередній деаерації води.

З метою отримання стійкого розчину  $\text{CO}_2$  та раціонального режиму проведення процесу насичення за вищенаведеною методикою на багатоцільовій установці з використанням струмино-барботаажного апарату вивчено вплив тиску температури та геометричних параметрів сатуратора на концентрацію  $\text{CO}_2$ , і навіть втрат  $\text{CO}_2$  від часу витримки.

Встановлено раціональні режими газонасичення різних харчових рідин: для газонасичення води та молочної сироватки слід рекомендувати початковий тиск газу 2,6 атм і температуру 6 °С, при яких через 30 хвилин газоміст залишається максимальним, а найбільше раціональними режимами газонасичення лимонного сиропу є  $p=2,4$  атм і та сама температура 6 °С.

Запропоновано удосконалений сатуратор з комбінованим струминно-барботаажним впливом застосовувати, наприклад, при «автономному» виробництві такого напою як «смузі». Використання удосконаленої конструкції сатуратора можливе тільки при наявності деяких допоміжних пристроїв. Для створення комплектної установки-автомата запропоновано застосовувати апарат для зберігання різних фруктів та овочів, пристрій для нарізання фруктів та овочів близьких до округлої форми.

|                  |             |                    |               |             |  |                                 |             |                |
|------------------|-------------|--------------------|---------------|-------------|--|---------------------------------|-------------|----------------|
|                  |             |                    |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>   |                                 |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>    | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |                                 |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |             | <i>Красовський</i> |               |             | <b>Удосконалення процесу та апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю</b> | <i>Літ.</i>                     | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  |             | <i>Цвіркун</i>     |               |             |  |                                 | 1           | 52             |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Омельченко</i>  |               |             |  | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |             |                |
| <i>Затверд.</i>  |             | <i>Цвіркун</i>     |               |             |  |                                 |             |                |
|                  |             |                    |               |             |  |                                 |             |                |

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АПАРАТІВ ДЛЯ НАСИЧЕННЯ НАПОЇВ ДІОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ

### 1.1 Апарати для насичення води газами – сатуратори

Пристрої для насичення води газом, в залежності від способів створення поверхні розділу фаз, можна класифікувати наступним чином:

- апарати де водне середовище вводиться у газову атмосферу як бризки крапель (до них відносяться розпилювальні установки та крапельні скрубери);
- апарати де поверхня масопередачі утворюється при механічній взаємодії двох фаз – барботажні, струменеві тощо;
- апарати де поверхня контакту фаз утворюється стікаючими плівками рідини – насадкові, плівкові колони;
- комбіновані де для підвищення покращення використовується одночасно кілька з перерахованих вище способів створення поверхні масообміну.

Одним із основних факторів, який сприяє покращенню якості газованих напоїв є їх якісне насичення діоксидом вуглецю. Оскільки, процес сатурації відбувається на завершальному етапі виготовлення газованих напоїв від його проведення, перш за все, залежить: 1) зовнішня привабливість напоїв, зумовлена тривалою «грою» дрібних бульбашок; 2) стійкість дрібнодисперсної піни у піноутворюючих напоях; 3) органолептичні показники (освіжаючий смак, приємний запах); 4) термін зберігання напоїв.

Діоксид вуглецю в напої можна вводити двома способами: насиченням охолодженої та деаерованої води з подальшим введенням її в пляшки залиті певною дозою купажного сиропу, або насиченням суміші деаерованої води та купажного сиропу з наступним розливом вже насиченого напою.

Сатураторами називають апарати для насичення води та прохолодних напоїв діоксидом вуглецю [5]. Насичення води здійснюється в апаратах безперервної дії – сатураторах (рис. 1.1, рис. 1.2), а напоїв – на синхронно-змішувальних установках, що безперервно діють. На рис. 1.1 представлена принципова схема дії безперервного сатуратора дії. Вода під тиском подається через електромагнітний клапан деаераційну колону, де, стікаючи по напівсферам у вигляді тонкої плівки за рахунок великої поверхні контакту з газовою фазою, звільняється від розчинених в ній газів і накопичується в нижній частині колони.

Під час наповнення нижньої частини колони 1 поетапно включаються форсунки для подачі вуглекислого газу. Процес видалення розчинених газів атмосфери в деаераторі 1 може розглядатися як перший ступінь сатурації, так як атмосферні гази з води витісняються за допомогою CO<sub>2</sub>, що подається знизу

|                  |                    |                 |               |             |  |  |             |             |                |
|------------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------|--|--|-------------|-------------|----------------|
|                  |                    |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>   |  |             |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>        | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |  |             |             |                |
| <i>Розроб.</i>   | <i>Красовський</i> |                 |               |             | <b>Удосконалення процесу та апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю</b> |  | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Цвіркун</i>     |                 |               |             |  |  |             | 12          | 52             |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Омельченко</i>  |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>  |  |             |             |                |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Цвіркун</i>     |                 |               |             |  |  |             |             |                |

колони і рухається вгору [6]. Діоксид вуглецю проходить через воду і витісняє легше повітря у верхню частину вежі, звідки він періодично скидається в атмосферу, одночасно частина CO розчиняється у воді.

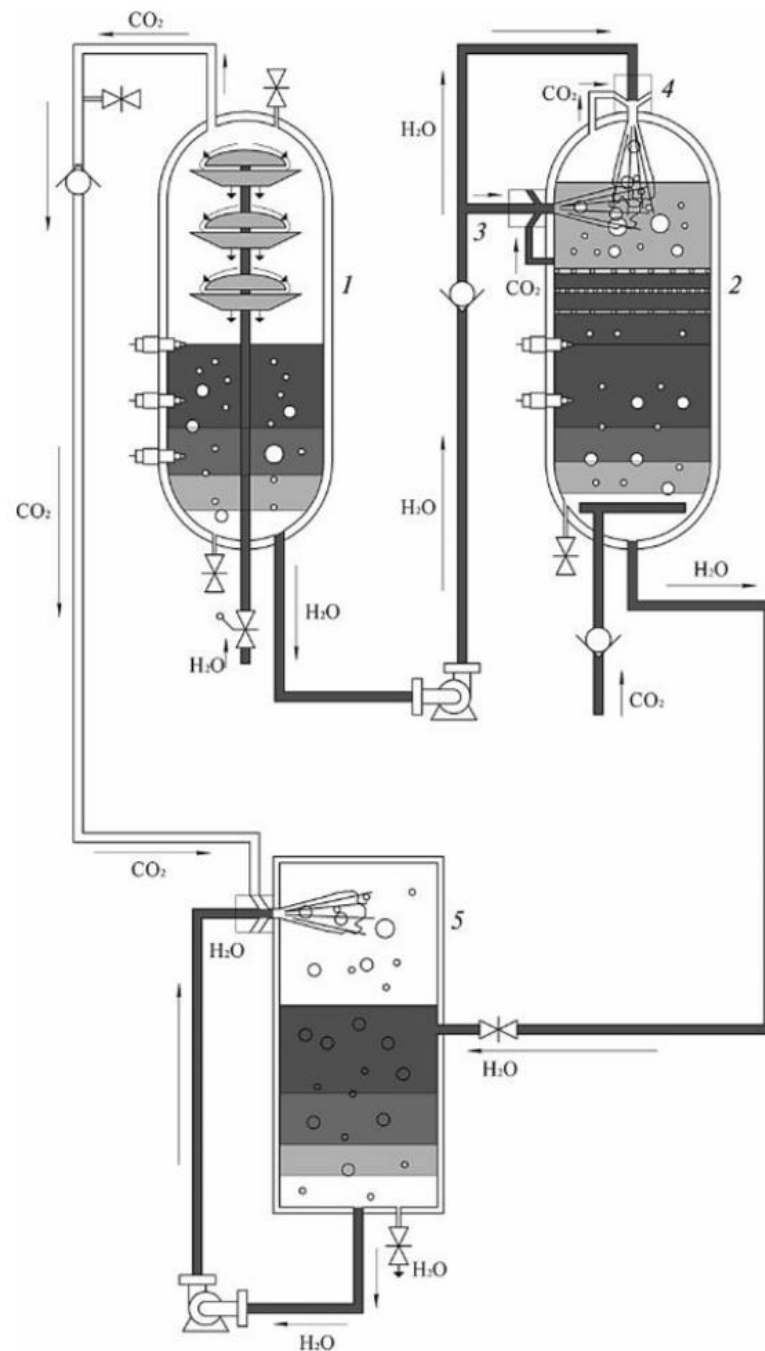


Рисунок 1.1 – Принципова схема дії сатураторів

На рис. 1.1 позначено: 1 – деаераційна колона; 2 – сатураційна колона; 3,4 – ежектори; 5 – колона накопичення сатурованої води.

Сатураційна колона 2 являє собою сталевий циліндричний посуд з сітчастими перегородками. Верхня частина колони порожниста і є її газовим простором. У верхній частині сатураційної колони розташовані два ежектори 3,4, які подається під тиском деаерована вода з колони. В ежекторі вода сильно



диспергується і одночасно створюється розрідження, що засмоктує воду з бульбашками СО з верхньої частини колони.

На самому верху колони ежектор 4 всмоктує з верхньої газової порожнини колони і впорскує водно-газову суміш в зону розпилення ежектора 3 [6]. Цим досягається високий ступінь насичення води діоксидом вуглецю. Одночасно з колектора, розташованого в нижній частині колони 2, барботується діоксид вуглецю, що рухається назустріч потоку води, що створюється ежекторами 3 і 4.

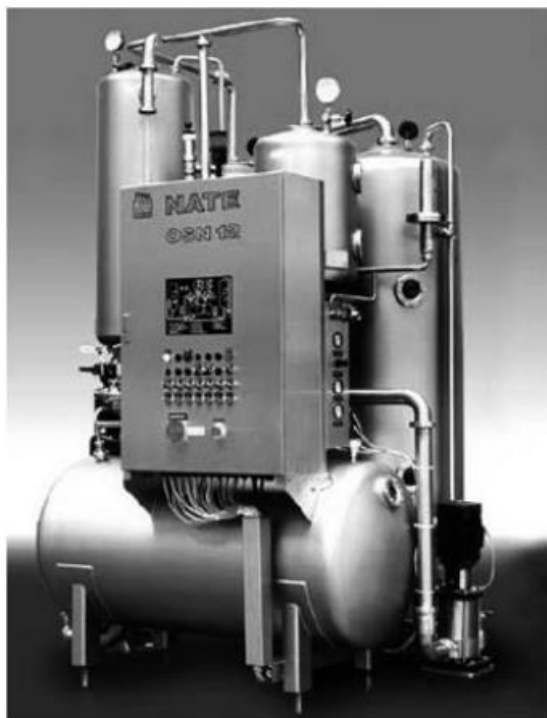


Рисунок 1.2 – Сатуратор

Карбонізована вода збирається у збірнику 5. Використання багатостадійного насичення дозволяє проводити карбонізацію при знижених тисках. Зменшення робочого тиску сатураторів, при якому відбувається насичення рідини, сприяє більш міцному зв'язуванню вугільної кислоти та води, що особливо відчутно у напоях, що містять сахарозу [7]. Усі сатуратори аналогічні за складом обладнання та принципом дії. Деталі сатураторів, що торкаються продукту, виготовлені з нержавіючої сталі або мають спеціальні покриття. За допомогою сатураторів чиста питна вода насичується діоксидом вуглецю і далі розливається в пляшки, заповнені дозою купажного сиропу. Наповнені пляшки закупорюються і в змішувальній машині кілька разів перевертаються для змішування сиропу з водою.

У сатураторі АСК-1 (рис. 1.2) вода деаерується виключно внаслідок зниження тиску повітря без вакуумування. Сатуратор включає деаераційну колонку 4, колонки 2 насичення діоксидом вуглецю, насос 10 для подачі води і шафа 9 електропусковою апаратурою, встановлені на одній підставі [7]. Деаераційна колонка є циліндричним посудину з трьох секцій, між якими змонтовані розділові конуси. Кожен з них складається з діафрагми 5, труби

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 10   |

похилої 6 і воронки 7 з тарілкою. Верхня та нижня секції мають незнімні сферичні днища.

Колонка насичення – це циліндричний посуд, закритий зверху і знизу сферичними днищами, що знімаються. Верхня частина колонки призначена для насичення води діоксидом вуглецю, нижня є водозбірником.

Відфільтровану воду поршневым насосом нагнітають деаератор, що працює при різниці парціальних тисків. Охолоджувати воду до деаерації годі було, оскільки зі зниженням температури процес уповільнюється. Технічні характеристики сатураторів подано в табл. 1.1.

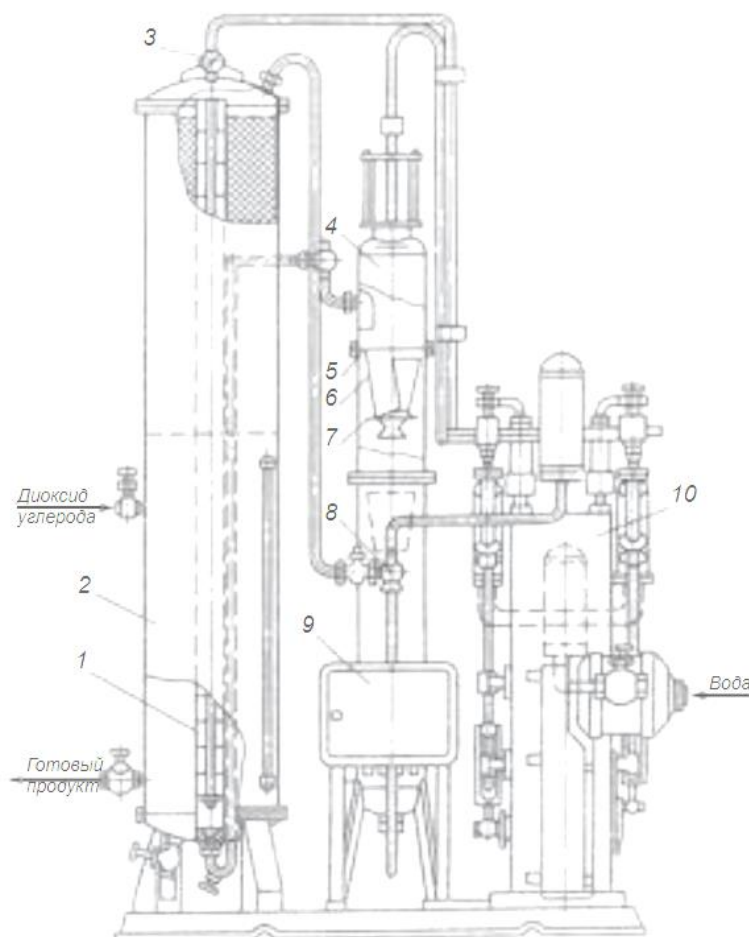


Рисунок 1.2 – Автоматичний сатуратор АСК-1

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики сатураторів

| Найменування показників                 | Марка сатуратора |      |          |           |       |      |
|---|------------------|------|----------|-----------|-------|------|
|   | Е6-АССМ          | АСМ  | РЗ-ВСВ-6 | РЗ-ВСВ-12 | АСК-1 | ВСБ  |
| Продуктивність, л/год                   | 800              | 1500 | 6000     | 12000     | 3000  | 7500 |
| Робочий тиск в сатураційній колоні, МПа | 0,4              | 0,4  | 0,6      | 0,6       | 0,6   | 0,35 |
| Тиск в деаераторі, МПа                  | -                | 0,05 | 0,085    | 0,085     | -     | -    |

|  |                   |                    |                    |                    |                   |                    |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Вміст СО у воді на виході із сатуратора, % | 0,7               | 0,65               | 0,8                | 0,8                | 0,65              | 0,65               |
| Температура води, що поступає, °С          | 4-7               | 4-7                | 4-7                | 4-7                | 4-7               | 4-7                |
| Тиск води, що поступає, МПа                | -                 | До 0,15            | Не менше 0,15      |                    | -                 | 0,15-0,2           |
| Потужність електродвигуна, кВт             | 1,1               | 1,1                | 11,0               | 20,0               | 2,2               | 9,0                |
| Габаритні розміри, мм                      | 1200x560<br>x1700 | 1320x1335<br>x2035 | 1500x1400<br>x2500 | 1750x1600<br>x2500 | 1860x660<br>x2760 | 1850x1430<br>x2350 |
| Маса, кг                                   | 270               | 900                | 1200               | 1500               | 900               | 1000               |

Перед дозатором вода проходить через водоструминний інжектор 8, в якому діоксид вуглецю підсмоктується та змішується з водою. Газ в інжектор надходить із верхньої частини колонки насичення. У деаератор з води виділяється повітря. Воду подають у колонку насичення знизу, в якій центральною трубою 1 з сітчастими перегородками вона піднімається вгору. Перегородки подрібнюють бульбашки газу, сприяючи його розчиненню у воді. Діоксид вуглецю в колонку насичення подають з газової мережі через редуктор, з манометром 3 [8]. Завдяки великій робочій поверхні насадки та спокійному стіканню води назустріч газу в колонці відбувається вторинне насичення води газом та виділення повітря.

Газоповітряна суміш, що збирається у верхній частині колонки під ковпаком, частково виводиться в атмосферу через диференціальний клапан, встановлений на насосі, а частково відсмоктується водоструминним інжектором і використовується для первинного насичення води вуглецю діоксидом перед надходженням в деаератор. Кількість газу, що подається інжектором у воду, регулюється голчастим вентилям, що дроселює.

Пройшовши інжектор, вода стікає в нижню частину колонки насичення, що є водозбірником газованої води, і під дією внутрішнього тиску надходить через водорозбірний вентиль до розливальної машини. Рівень води у колонці підтримується за допомогою двох електричних датчиків, встановлених на корпусі колонки.

У німецькому сатураторі подаються в загальну камеру змішування, що знаходиться під тиском, за допомогою плунжерних насосів газоподібний або рідкий діоксид вуглецю, технологічна вода та сироп. Рідина та діоксид вуглецю подаються на певне місце апарату з великою швидкістю в зустрічних напрямках. Коли потоки зустрічаються виходить емульсія, де інтенсивно розчиняється діоксид вуглецю у питній воді.

Сьогодні сатурація напоїв зазнала змін. У конструкціях подають рідкий діоксид вуглецю через металеву трубку і змішування відбувається у потоці. За рахунок меншого розміру отворів та високого тиску забезпечується розвинена

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 12   |

поверхня контакту. А також враховується при випаровуванні та розширенні газу охолоджувальна здатність діоксиду вуглецю.

Відомі конструкції сатураторів, де насичення напою відбувається у струменевих апаратах. Вода надходить у струменевий апарат через робоче сопло, вуглекислий газ подається в приймальну камеру і суміш води та газу з камери змішування прямує ексцентрично в циліндричну камеру. А також подається сироп. Через високу турбулізацію в циліндричній камері напій насичується діоксидом вуглецю.

У сатураторі [1] заснованому на використанні камери змішування, не повністю заповнюваною водою, вуглекислим газом заповнюють решту вільний об'єм камери. Оберткові елементи пристрою перемішують воду та вуглекислий газ, в результаті виходить вода, насичена вуглекислим газом, тобто газована вода.

Конструкція сатуратора [2] містить колону насичення та засіб для подачі в колону рідини, що включає нагнітальний насос, пристрій для подачі діоксиду вуглецю, розпилення рідини, а також для виведення з колони газованої води.

Конструкція колони має трубу, навколо якої знаходиться фільтраційна сітка з осередком з розмірами 20...200 мкм. Засіб для розпилення рідини виконано у вигляді розпилювальних головок простір між фільтраційною сіткою та трубою зверху та знизу перекрито елементами. Саме така конструкція сприяє ефективного створення в рідині великої кількості газових бульбашок, мають велику площу поверхні для взаємодії з діоксидом вуглецю. Так як товщина поверхневого шару бульбашок дуже мала, тому це призводить до швидкого та кращого насичення води газом. Так як розміри газових бульбашок більше розмірів осередку фільтраційної сітки, то усувається можливість проникнення бульбашок між трубою та фільтраційною сіткою. Завдяки такій конструкції забезпечується створення рідини дрібних газових бульбашок. Якщо виявляються бульбашки великих розмірів у рідині, то навколо них відбувається нарощування бульбашок вуглекислого газу і якщо великі бульбашки лопаються, через них нестійкості, діоксид вуглецю виділяється з рідини та його кількість там зменшується. Не допустити проникнення великих газових бульбашок призводить до зниження втрат діоксиду вуглецю.

## 1.2 Способи та технічні засоби насичення води газами

Апарат для змішування газів у воді [3] спрощує виготовлення всіх елементів приладу, полегшує складання апарату та обслуговування. Пристрій забезпечений (рис. 1.3) порожнистим циліндричним корпусом герметично з'єднаними з ним днищем і кришкою, кришками-заглушками, засобами тангенціальної подачі рідини в корпус, пристроїв подачі газу в корпус. Апарат може бути забезпечений способом тангенціальної подачі додаткового потоку води по довжині корпусу у кількох точках незалежно. У складальному вигляді утворюють правильне об'ємне тіло і що утворює зі стінками корпусу у внутрішньому просторі поздовжні зовнішню та внутрішню порожнини для окремої видачі газу та рідини при цьому вісь внутрішньої порожнини збігається з віссю корпусу. Об'ємне тіло являє собою прямий циліндр, складений двома

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                             | 13   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

або трьома пористими елементами або правильну призму з числом бічних сторін щонайменше п'ять.

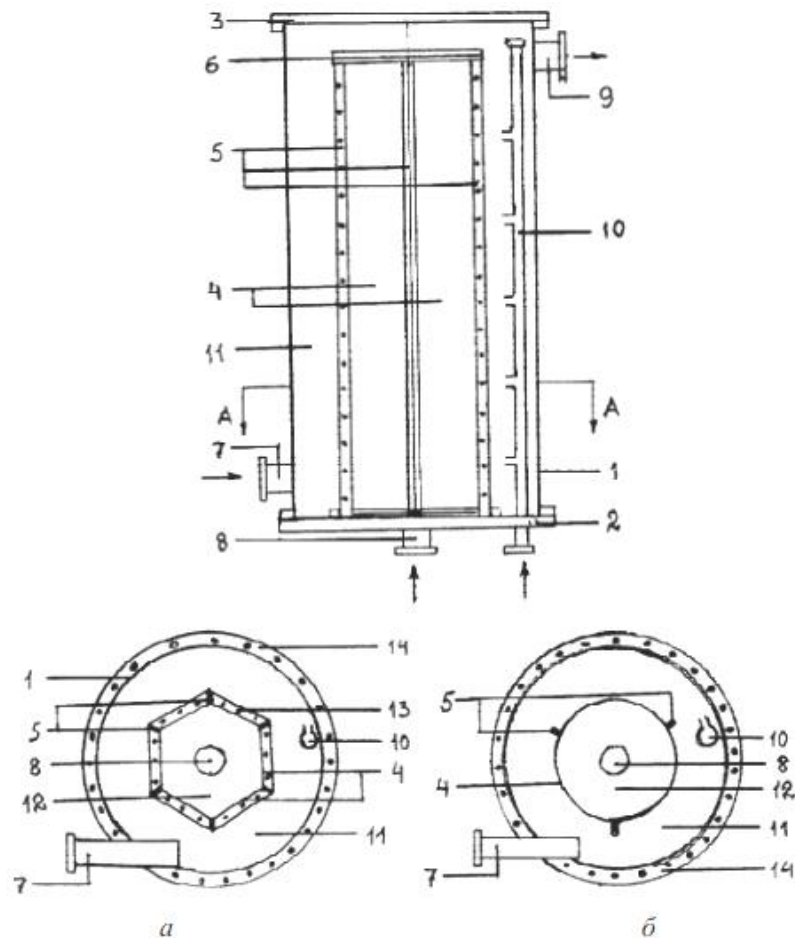


Рисунок 1.3 – Схема апарату:

а – об'ємне тіло, складене п'ятьма плоскими пористими елементами–панелями, має вид правильної призми із п'ятьма бічними сторонами; б – об'ємне тіло має вигляд прямого циліндра з трьома пористими елементами

На рис. 1.3 позначено: 1 – корпус, 2 – днище, 3 – кришка, 4 – пористі елементи, 5 – з'єднання бічних сторін пористих елементів між собою, 6 – кришка–заглушка, 7 – тангенціальний засіб подачі водного середовища, 8 – засіб подачі газу або газів, 9 – засіб виведення продуктів розчинення газу у водному середовищі, 10 – засіб подачі додатково потоку водного середовища, 11 – зовнішня порожнина для водного середовища, 12 – внутрішня порожнина для газової фази, 13 – кріплення пористих елементів до днища корпусу, 14 – фланець кріплення корпусу до днища.

Пористі керамічні елементи можуть встановлюватися під кутом до 90° при здійсненні способу, причому газ подається в нижні частини конструкції, а рідина подається у верхні частини конструкції. Пористі керамічні елементи виконують у трубній решітці та заглушці або у вигляді набору трубок.

Синхронно-змішувальні установки типу Ш4-ВНС призначені для виробництва безалкогольних газованих напоїв. На рис. 1.4 показано синхронно-змішувальну установку Ш4-ВНС-6 для приготування газованого напою в

|     |      |          |        |      |  |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      |  | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                                    | 14   |

безперервному потоці. Установа складається з основи 13, на якому змонтовані колонки деаерації 4 і насичення 6, резервуар 11 для сиропу з клапаном 9, струменеві інжектори 7, 8, насадка дозування 1, змішувальна колонка 5, вакуум-насос 3, вихровий насос 2 для у змішувальну колонку, два вихрові насоси 10 для подачі напою на сатурацію, пульт управління 12, а також системи трубопроводів, що зв'язують вузли в єдину технологічну систему [6, 9].

Деаераційна колонка є циліндричним посудину з нержавіючої сталі, до якого зверху підводиться труба від вакуум-насоса, що створює в ній вакуум. Усередині стовпчика закріплені конусні тарілки для стікання води тонким шаром. Воду до колонки підводять через електромагнітний вентиль, керований трьома датчиками рівня, встановленими всередині посудини на висоті.

Колонка насичення – циліндрична посудина з нержавіючої сталі, в днищі якої є зливний і пробний крани. У нижній частині колонки влаштований штуцер для надходження рідини на сатурацію, в середній знаходяться два датчики рівнів (нижнього та верхнього), аналогічні датчикам колонки деаерації. Над верхнім датчиком розташований редукційний клапан із вентилем для підведення діоксиду вуглецю [5, 6, 9]. Подачу його, отже, і насичення рідини в струменевих інжекторах 7 регулюють за допомогою голчастого вентиля.

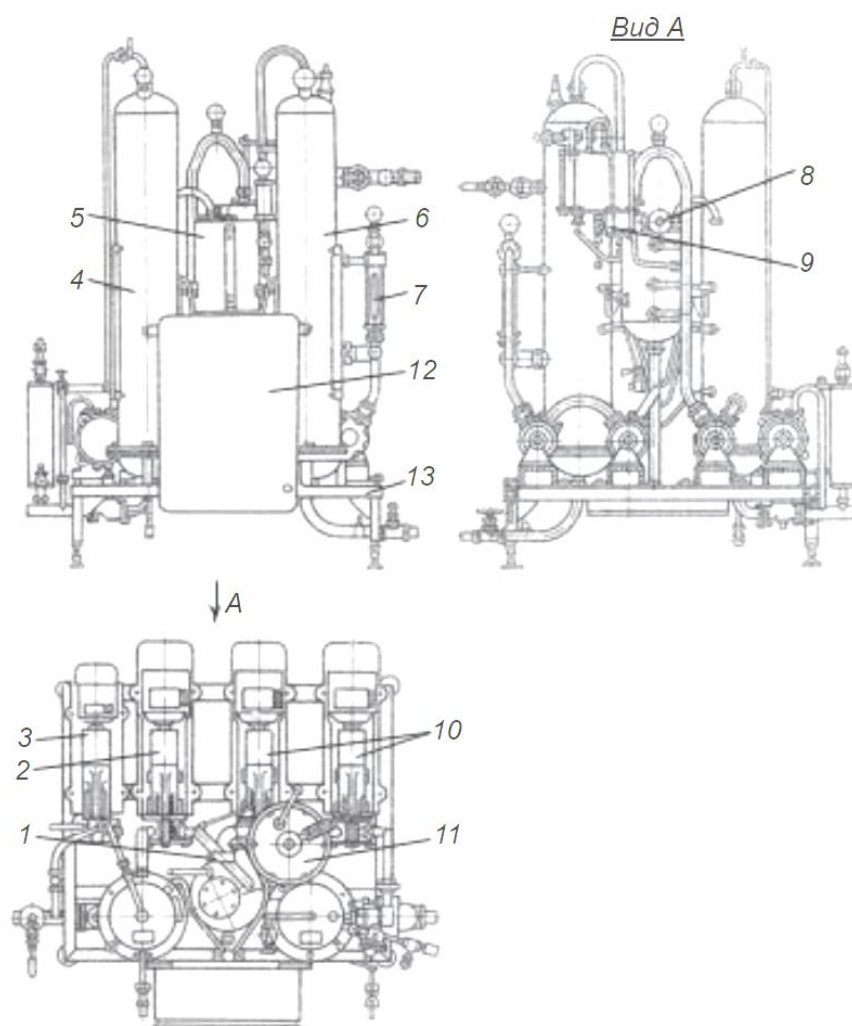


Рисунок 1.4 – Синхронно-змішувальна установка для приготування газованих безалкогольних напоїв безперервним способом

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 15   |

На рис. 1.4 позначено: 1 – насадка дозувальна; 2 – насос вихровий; 3 – вакуум-насос; 4 – колонка деаераційна; 5 – колонка змішувальна; 6 – колонка насичення; 7, 8 – інжектор струменевий; 9 – клапан; 10 – насос; 11 – резервуар для сиропу; 12 – пульт управління; 13 – основа.

Відфільтровану та охолоджену воду (з температурою не вище 6 °С) подають через електромагнітний вентиль у деаераційну колонку при тиску не нижче 0,2 МПа безпосередньо з водопровідної мережі або спеціальним насосом з іншого джерела. Стікаючи вниз, вода розподіляється поверхнею конічних тарілок. У колонці завдяки вакууму, створюваному вакуум-насосом, із води виділяється розчинене у ній повітря [7]. Рівень води в колонці деаерації контролюється трьома датчиками, у тому числі два верхніх вимірюють коливання робочого рівня (верх-низ), а нижній (аварійний) фіксує мінімальний залишок води у посудині.

Деаеровану воду з колонки вихровим насосом 2 під тиском 0,6-0,7 МПа подають у дозувальну насадку 1, яку з боку всмоктування надходить купажний сироп з резервуара 11. Напій насичується діоксидом вуглецю в струминному інжекторі 8. З змішувальної колонки 5 змішаний напій під тиском 0,9-1,2 МПа, створеним двома вихровими насосами 10, подають інжектор 7 для повного насичення діоксидом вуглецю [7]. Тиск при насиченні та вміст діоксиду вуглецю в напої встановлюють редукційним клапаном. Насичений напій збирається в колонці насичення 6, звідки його направляють на фасування. Рівень рідини в колонці контролюється двома датчиками, які керують роботою двох вихрових насосів. Технічні характеристики сатураторів типу Ш4-ВСВ подано в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики сатураторів Ш4-ВСВ

| Найменування показників                      | Марка сатуратора |                |                |
|--|------------------|----------------|----------------|
|  | Ш4-ВСВ-3         | Ш4-ВСВ-6       | Ш4-ВСВ-12      |
| Продуктивність, л/год                        | 3600             | 7200           | 14500          |
| Мінімальний вміст діоксида вуглецю у воді, % | 0,65-0,70        | 0,65-0,70      | 0,65-0,70      |
| Робочий тиск в сатураційній колоні, МПа      | 0,05-0,07        | 0,05-0,07      | 0,06-0,08      |
| деаерація насичення                          | 0,35-0,45        | 0,35-0,45      | 0,35-0,45      |
| Температура води, що поступає, °С            | 4-6              | 4-6            | 4-6            |
| Тиск води, що поступає, МПа                  | 0,15-0,20        | 0,15-0,20      | 0,15-0,20      |
| Габаритні розміри, мм                        | 1680x1400x2400   | 1610x1500x2400 | 2000x2000x2700 |
| Маса, кг                                     | 1000             | 1300           | 1500           |

Схема установки для газування води представлена на рис. 1.5.

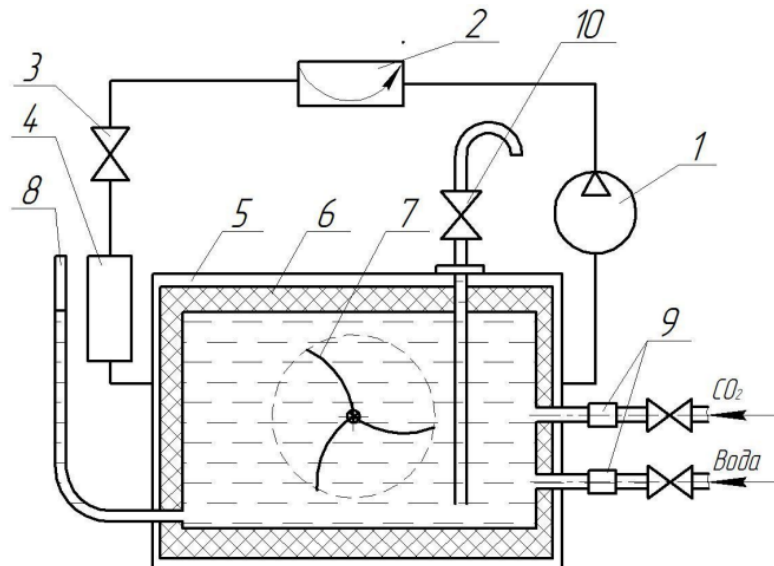


Рисунок 1.5 – Схема установки для газування води

На рис. 1.1 зображено: 1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – терморегулюючий вентиль; 4 – фільтр; 5 – випарник; 6 – термоізоляція; 7 – мішалка; 8 – показчик рівня води; 9 – зворотній клапан, 10 – кран газованої води.

Апарат для змішування та аерації рідини в робочому баку, покращує ККД. Завдання вирішується шляхом створення засобу для змішування та аерації рідини в робочому баку (рис. 1.6), що містить:

- розташовану у верхній частині вказаного бака з утворенням проходу між ними одну лійку;
- з'єднану із зазначеною лійкою та витягнуту у напрямку до днищу зазначеного бака одну трубку, причому зазначена трубка має по одному отворі у верхній і нижній частинах;
- один головний гвинт, що знаходиться у зазначеній трубці;
- пристосування для приведення зазначеного гвинта у обертання та пристрої для введення повітря у вказану рідину, які являють собою засоби, що забезпечують введення у водне середовище повітря при атмосферному тиску тільки внаслідок приведення зазначеної рідини рух усередині апарату. Зазначені засоби для введення газу включають верхню кромку воронки, що має форму, яка забезпечує утворення каскаду рідинної на периферійній ділянці вирви.

Через присутність каскаду можна вводити в обробку, що підлягає рідину багато повітря без додаткової енергії.

У результаті значно збільшується ефективність аерації та перемішування у такому пристрої.

Деякі особливості пристосування:

- засоби для введення повітря мають кільцевий елемент, що знаходиться всередині зазначеної лійки;



- засоби для введення повітря мають ряд виступів, розподілених по верхній кромці вказаної лійки;
- кільцевий елемент має форму кільцевого жолоба, грат;
- вирва має конічну нижню частину і над нею циліндричний обід, що утворює вказану крайку;
- засоби для введення повітря мають щонайменше одне вікно, розташоване у верхній частині трубки, а трубка виконана таким чином, що її верхній кінець розташований вище за верхню кромку воронки;
- засоби для введення повітря забезпечені противихровими елементами розташованими усередині трубки над головним гвинтом;

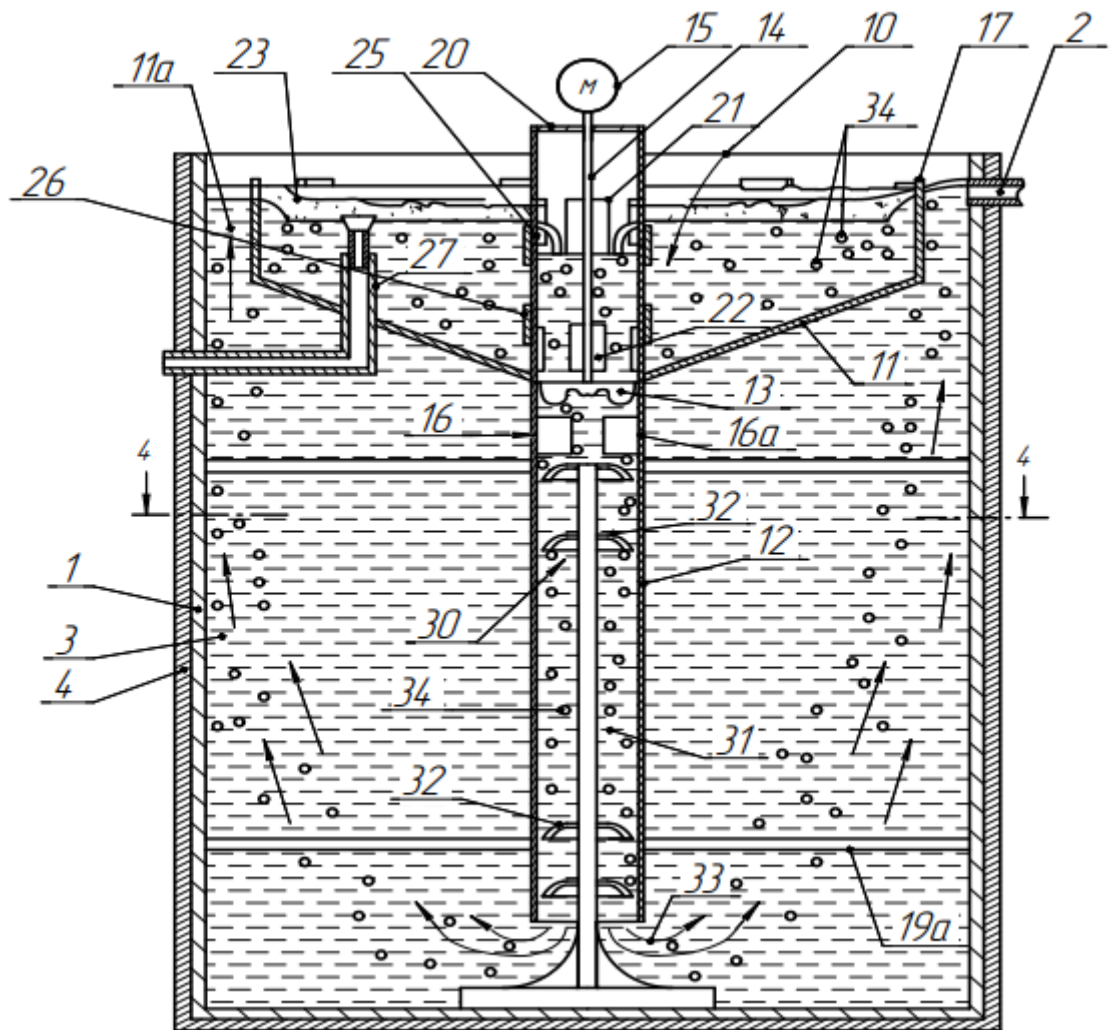


Рисунок 1.6 – Апарат для газування води

- засоби для введення повітря мають елементи для аерації поверхні вказаної рідини;
- засоби для введення повітря забезпечені вихровим насосом усередині трубки та однопрохідним гвинтом усередині трубки;
- противохреві елементи, розташовані всередині трубки під головним гвинтом має пристрій;
- пристрій має засоби для всмоктування всередину трубки піни, що утворюється на поверхні вказаної рідини.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

- динамічні засоби перемішування має пристрій;
- пристрій має статичні засоби перемішування для створення турбулентності, розташовані усередині трубки;
- двопрхідним гвинтом усередині трубки забезпечені засоби для введення повітря;
- прискорювачем рідини всередині трубки забезпечені засоби для введення повітря;
- гвинтом із переважно осьовим потоком є головний гвинт.

Необхідно застосовувати також нагнітальні форсунки без допоміжного середовища як розпилювальні форсунки.

Розпилювальні форсунки можуть бути забезпечені замикаючим або повітрям, що утворює завісу, для запобігання падінню крапельок на виході із форсунки. Площина нахилена щодо напрямку об'ємного газового потоку під кутом у межах від 0 до 30° для поліпшення траєкторій крапельок за їхньою орієнтацією, що проходить через струмені розпилювальних форсунок.

### 1.3. Процес приготування лимонного газованого напою з м'якоттю

Особливості технічних засобів для приготування тих чи інших газонаповнених харчових рідин тісно пов'язані з технологією їх приготування.

Так, наприклад, послідовність операцій з приготування лимонного газованого напою з м'якоттю включає наступну послідовність операцій.

Лимони ріжуть на дві частини і подрібнюють. Початковий діаметр лимонів 55-70 см. Розмір подрібнених частинок не перевищує 5 мм. У всіх рецептурах використовується цукровий сироп, а малиновий і журавлинний бажанню. Витрата цукрового сиропу на добу становить 2 л, витрата ягідних сиропів по 1 л. кожного. Сироп змішується з подрібненим лимоном і сатурованою водою суміш направляється в приймальні стаканчики, місткістю 500 мл.

Температура води для сатурації 8-12 С. Витрата води 8-10 л на добу. Для сатурації використовується рідкий діоксид вуглецю. Вміст CO<sub>2</sub> у напої щонайменше 0,3%.

Розмір камери, де відбувається подрібнення та змішування з сиропом має бути невеликою (0,5 л). Промивається вона раз на добу сатурованою водою під тиском. Витрата 0,6 л (2 дози, що йдуть на приготування напою). Один раз на тиждень камера після промивання сатурованою водою обробляється 0,1-0,3% розчином оцтової кислоти методом заповнення протягом 30 хв. Після зливу рідини обполіскувати не треба.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                                    | 19   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |

## РОЗДІЛ 2

### УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТУ ДЛЯ НАСИЧЕННЯ НАПОЇВ ДІОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ

#### 2.1 Принцип формування пазирів

Застосовується сатурація рідкого середовища без збільшення тиску газової та рідкої фази, без застосування поверхнево-активних речовин. Причому підвищення якості диспергування через отримання дисперсії з вузьким розподілом за розміром частинок фази, що диспергується. Таке завдання вирішується сатуруванням рідини, що включає її подачу трубний канал проточного апарату з трубчастою керамічною мембраною, перпендикулярну потоку рідини до зовнішньої трубчастої поверхні керамічної мембрани подачу газу та вилив утвореної газорідної дисперсії, при цьому трубному каналі створюють турбулентний потік рідини, який характеризується критерієм Рейнольдса не менше 10000 та напругою зсуву не менше 65 Па, а також використовують середнім діаметром пор 0,1...0,5 мкм асиметричну двошарову мембрану. Переважно, подачу газу здійснюють під тиском 0,2 атм, а також лінійну швидкість подачі рідини підтримують рівною 4,0...5,1 м/с. Над поверхнею мембрани в бульбашці виникає відривна сила-сила Архімеда відразу після появи, рис. 2.1.

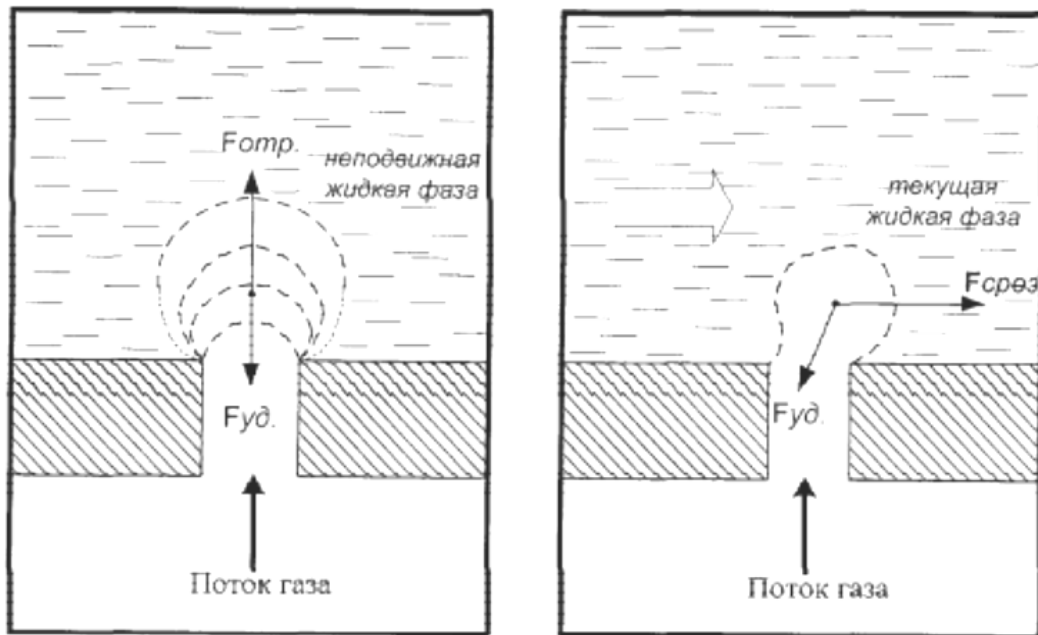


Рисунок 2.1 – Принцип формування пазирів

|  |      |             |        |      |
|--|------|-------------|--------|------|
| <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>   |      |             |        |      |
| Зм.  | Арк. | № докум.    | Підпис | Дата |
| Розроб.  |      | Красовський |        |      |
| Перевір.   |      | Цвіркун     |        |      |
| Н. Контр.  |      | Омельченко  |        |      |
| Затверд.   |      | Цвіркун     |        |      |
| <b>Удосконалення процесу та апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю</b> |      |             | Літ.   | Арк. |
|  |      |             | 16     | 52   |
| <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>  |      |             |        |      |

$$F_{отр} = \frac{4}{3} \pi R^3 (\rho_{жс} - \rho_z) g$$

де  $\rho_{жс}$  і  $\rho_z$  – щільність рідкої та газової фаз;

$R$  – радіус бульбашки.

Від величини міжфазного поверхневого натягу залежить сила, утримує бульбашку на поверхні мембрани.

$$F_{уд} = 2\pi r\sigma$$

де  $\sigma$  – величина міжфазного поверхневого натягу;

$r$  – радіус пори.

Об'єднаємо між собою два радіуси, нехтуючи щільністю газу, момент відрив бульбашки:

$$R^3 = \frac{3}{2} r \frac{\sigma}{\rho_{жс} g}$$

Розмір бульбашок повинен відповідати 0,15 мм для води та газу на мембрані з діаметром пір 0,3 мкм. Внаслідок цього вже на стадії формування бульбашки будуть зливатись у великі через поверхневої щільності пор на мембрані.

При перемішуванні текучих речовин, завданням якого є удосконалення апарату (рис. 2.2) для ефективного розподілу розсіяної рідини в газі, іншим завданням – є створення методу вибіркової абсорбції текучого компонента з текучої суміші економічніше, ніж згідно з наявними способами.

Розбиття плівки водного середовища на нитки та краплі залежить від відносної швидкості між газом та рідиною і, тому, можна розпорошувати в'язкі рідини за низьких витрат рідини. Плюс цього полягає в тому, що відносно легко керувати кількістю використовуваної рідини.

Згідно з першим варіантом, створено спосіб розподілу водного середовища в потоці газу, що включає подачу рідини в кільцевий отвір по всій кола труби, де виникає потік газу, при цьому потік газу втягує рідина, що переміщається тонкою плівкою всередині поверхні труби до гострої кромки на кінці секції труби, де рідина щільно змішується з газом.

У турбулентному потоці відбувається змішування газу та рідини та є дуже насиченим і веде до дуже ефективного з'єднання газу та рідини. Це означає абсорбція може відбуватися дуже швидко і в відносно малій кількості розчинника, тому кількість рідини, що міститься в устаткуванні, різко зменшується. При застосуванні методу можна отримувати зменшення кількості рідини приблизно до 40% порівняно із звичайною технологією використання сопла/статичного змішувача без втрати ефективності газо-рідинної передачі. Це актуально, якщо реакція необоротна, і відпрацьоване водне середовище має

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                                    | 20   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |

надходити в утиліт і, тому, бажано використовувати рідину з максимальною ефективністю, і якнайменше витратити рідини.

Застосовна змішувальна система проста і недорога в порівнянні з системами відомого рівня техніки, це призводить до зменшення витрат на будівництво та поточне обслуговування, а також до економії далі процесі роботи. Навіть, у певних варіантах застосування може бути досягнуто ступеня ефективності вилучення необхідного газового компонента, що наближається до 100%.

Змішування здійснюють як безперервний процес, при цьому газ і рідина проходять паралельним потоком. Проблеми піноутворення або «захлинання» виключає паралельний потік, оскільки відділення може відбуватися після змішувача.

Виконана у вигляді трубчастої секції, що звужується, труба, по якій проходить потік газу, в якій завдяки її конфігурації прискорюється газ, коли він проходить повз кільця з рідини. Прискорений потік газу втягує водне середовище, що проходить тонкою плівкою вздовж стінки труби до гострої кромки, де рідина розбивається на нитки.

Відносною швидкістю між газовою та рідкою фазами, геометрією кромки та поверхневим натягом на кордоні між газом та рідиною визначається отримання цих ниток рідини У реакційній зоні відразу за гострою кромкою нитки рідини додатково розбиваються на малі краплі, які утворюють дуже ефективні площі переносу маси.

Числом Вебера ( $We$ ) визначається розбиття ниток рідини на краплі

$$We = \frac{\rho_G U^2 d}{\sigma}$$

де  $U$  – відносна швидкість газової та рідкої фаз;

$\rho_G$  – щільність газу;

$d$  – характеристична розмірність нитки;

$\sigma$  – поверхневий натяг на кордоні між рідиною та газом.

Розбиття ниток відбувається, коли  $We > We_{cr}$  – критичного значення числа Вебера. Досліди, що проводяться в аеродинамічній трубці, де краплі впорскувалися в полі течії, показали, що  $We_{cr}$  знаходиться в межах 8...10.

Коли рідинне середовище поділено на краплі, газ та рідину, щільно перемішуються по всій радіальній трубці і не затримуються у центральній зоні. Радіальне перемішування крапель позначається числом Рейнольдса ( $Re$ )

$$Re = \frac{\rho_m U_m D}{\mu_m}$$

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 21   |

де  $U_m$  – локальна швидкість суміші;

$D$  – локальний діаметр труби;

$\rho_m$  та  $\mu_m$  – щільність та в'язкість рідкої суміші.

Від співвідношення між діаметром горловини на рівні кромки та діаметром звичайної труби залежить радіальний розподіл. Розподіл рідини по всьому перерізу труби на відміну від точкового розподілу соплом забезпечує подачу рідини в кільцевий отвір по всій кола трубчастої секції. Слід розширюється секція для розширення газу після труби, що звужується, зменшення швидкості газу і збільшення тиску газу. У результаті, система може працювати з відносно малим постійним перепадом тиску.

Пристрій не залежить від нахилу труби, але переважно вона не встановлюється безпосередньо перед вигином труби, оскільки це може порушити однорідний потік, що генерується по суті. Переважно, пристрій розташований по суті горизонтально, рис. 2.2.

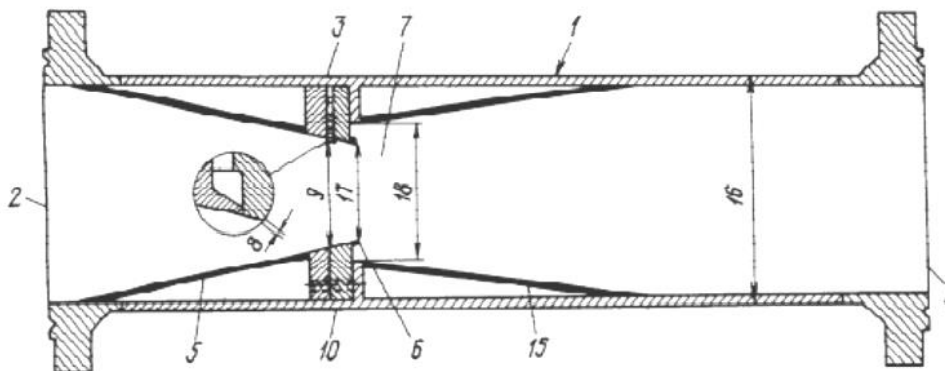


Рисунок 2.2 – Турбулентний змішувач

## 2.2 Моделювання струминно-барботажного сатуратора

У харчових виробництвах досить поширені пристрої для насичення рідин газами, за рахунок проходження газу через рідину із заснуванням різного типу струменів. Струменеві сатуратори мають один істотний недолік: розподіл бульбашок газу надзвичайно нерівномірно за перерізом струменя, отже по всьому об'єму газованої рідини.

Одним із найпростіших прийомів, що дозволяють уникнути цього недоліку є перемішування при насиченні газом рідини або її барботаж. Очевидно, що в пристроях зі сформованими струменями цю операцію доцільно проводити за рахунок енергії самих струменів, спрямовуючи їх певним чином.

Аналітично описати цей процес можна так. Струм рідини з сопла (активний потік) подається в циліндричну змішувальну камеру. Газ (пасивний потік) під дією високої швидкості, захоплюється з приймальної камери змішувальної камери. Струм рухається до зіткнення з рідинно-газовою

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                             | 22   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

пробкою, сформованою всередині камери змішування за рахунок взаємодії рідинно-газового потоку зі стінками камери змішування.

Потоки в камері змішування характеризуються такими параметрами:

$P_1$  – тиск на виході із сопла, вважається заданою величиною  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_2$  – тиск (розрядження), створюване в приймальній камері;  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_T$  – тиск на межі зіткнення струменя з рідинно-газовою пробкою,  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_3$  – тиск потоку при повороті на  $180^\circ\text{С}$ ,  $\text{Н/м}^2$ ;

$V_1$  – швидкість струменя, також задана величина,  $\text{м/с}$ ;

$V_2$  – швидкість газового потоку на вході в камеру змішування,  $\text{м/с}$ ;

$V_T$  – швидкість межі зіткнення струменя з рідинно-газової пробкою,  $\text{м/с}$ ;

$V_3$  – швидкість потоку при повороті на  $180^\circ\text{С}$ ,  $\text{м}$ .

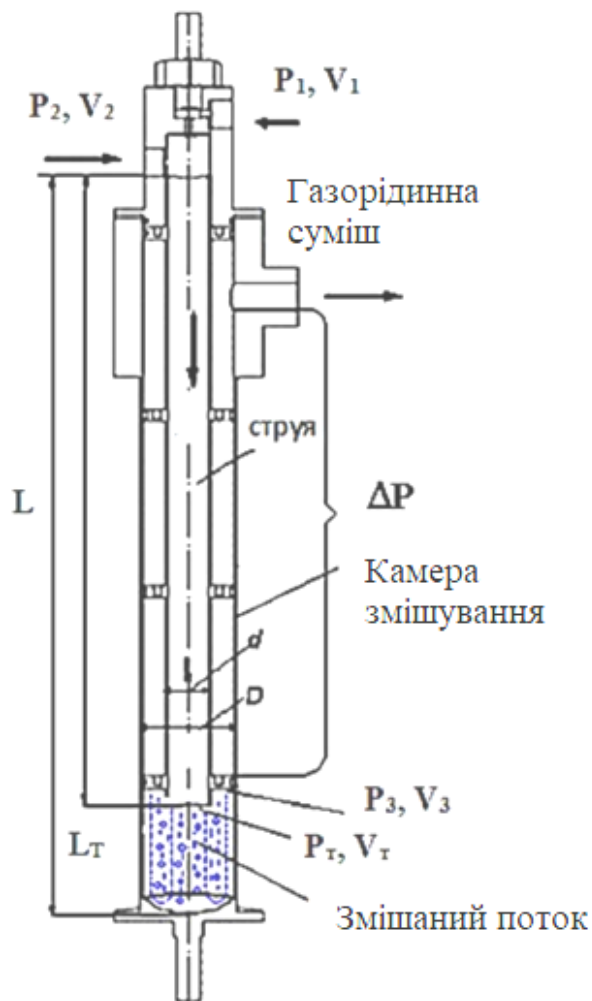


Рисунок 2.3 – Схема струминно-барботажного сатуратора

де  $d_0$  – діаметр отвору сопла;

$V_2$  – швидкість газового потоку на кордоні зі струменем;

$V_1$  – швидкість струменя межі з рідинним потоком.

## Баланс маси

$$m_1 + m_2 = m_T = m_3$$

Індекси 1, 2, 3 відносяться до потоку рідини з сопла, потоку газу з приймальної камери та рідинно-газового потоку з камери змішування. Індекс  $T$  відноситься до перерізу, де відбувається перетворення двох окремих потоків в один змішаний потік.

Масова витрата  $m_i$  кожного з потоків розраховується за формулами

$$m_i = \rho_i V_i F_i$$

де  $\rho_i$  – щільність;

$V_i$  – швидкість;

$F_i$  – площа поперечного перерізу  $i$ -го потоку, відповідно.

Швидкість  $i$ -го потоку визначається за формулою

$$V_i = \frac{Q_i}{F_i}$$

де  $Q_i$  – об'ємна витрата  $i$ -го потоку.

Площі поперечних перерізів потоків знаходимо так:

– для рідинного струменя

$$F_1 = \frac{\pi d_0^2}{4}$$

– для газового потоку

$$F_2 = \frac{\pi(D^2 - d_0^2)}{4}$$

Товщину стінки сопла не враховуємо

– для змішаного потоку

$$F_3 = F_T = \frac{\pi D^2}{4}$$

Баланс кількості руху

$$m_1 V_1 + \rho_1 F_1 + m_2 V_2 + \rho_2 F_2 = (m_1 + m_2) V_T + \rho_T F_T$$

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                             | 24   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |



## Баланс енергії

$$m_1 \frac{V_1^2}{2} + m_2 \frac{V_2^2}{2} = (m_1 + m_2) \frac{V_T^2}{2}$$

Зона руху змішаного газорідинного потоку  $Lm < x < L$  – довжина камери змішування.

Для перепаду тиску для двофазного потоку можемо записати

$$\Delta P = P_T - P_3 = \lambda \Phi^2 \frac{(L-L_T)}{D} \frac{\rho_T V_T^2}{2}$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору,

$\Phi$  – параметр Мартінееллі.

Коефіцієнт опору знаходиться за формулою Блаузіуса для однофазного турбулентного потоку

$$\lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

де число Рейнолдса  $Re$  розраховується за формулою

$$Re = \frac{V_T D \rho_T}{\eta_T}$$

де  $\rho_T$  – щільність і  $\mu_T$  – в'язкість змішаного потоку визначається за формулам

$$\frac{1}{\rho_T} = \frac{X_g}{\rho_g} + \frac{1-X_g}{\rho_l}$$

$$\frac{1}{\mu_T} = \frac{X_g}{\mu_g} + \frac{1-X_g}{\mu_l}$$

де  $\rho_g$  і  $\rho_l$  – щільність газового та рідинного потоку;

$\mu_g$  і  $\mu_l$  – в'язкість газового та рідинного потоку;

$X_g$  – витратний масовий газоміст.

Параметр Мартінееллі визначається за формулою

$$\Phi^2 = \left(1 + X_g \frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_l}\right) \left(1 + X_g \frac{\mu_l - \mu_g}{\mu_l}\right)^{-0.25}$$

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                             | 25   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$P_T = P_3 + \lambda \Phi^2 \frac{(L-L_T) \rho_T V_T^2}{D \cdot 2}$$

$$V_T = \frac{m_1 V_1 + P_1 F_1 + m_2 V_2 + P_2 F_2 - P_T F_T}{m_1 + m_2}$$

$$V_T = \sqrt{\frac{m_1 V_1^2 + m_2 V_2^2}{m_1 + m_2}}$$

Моделювання сатуратора при вході газо-рідинної суміші барботажну і циркуляційну зону включає аналіз впливу втрат тиску, а також повороту потоку на 180°.

Загальний перепад тиску в сатураторі на висхідній ділянці:

$$\Delta p = \Delta p_l + \Delta p_m + \Delta p_i + \Delta p_h$$

де  $\Delta p_l$  – втрати по довжині;

$\Delta p_m$  – місцеві втрати;

$\Delta p_i$  – інерційні втрати;

$\Delta p_h$  – втрати на подолання опору газорідинного шару заввишки  $H$ ;

$\alpha$  – кут нахилу осі каналу до вертикалі.

Втрати тиску при вході газо-рідинної суміші в барботажну трубу та циркуляційну зону або при виході з них, а також при поворотах потоку на 180° розраховуються як втрати на місцевих опорах:

$$\Delta P_m = \xi_i \frac{\rho_{ж} V_{ж0}^2}{2(1-\varepsilon_0)^2}$$

На процес насичення напоїв значний вплив мають п'ять основних факторів: 1) тиск подачі CO<sub>2</sub> в напій; 2) питомі витрати діоксиду вуглецю на насичення; 3) склад напою; 4) температура напою; 5) розрідження, що створюється при попередній деаерації води.

### 2.3 Автомат АВ-4 із сатураційно-водоохолоджувальним агрегатом (СВА)

Залежність вмісту діоксиду вуглецю в газованій воді від параметрів процесу з'ясовували за допомогою установки на базі промислового апарату АВ-4, рис. 2.4, табл. 2.2.

Автомат АВ-4 – це автомат безперервної видачі охолодженої газованої та негазованої води. В автоматі АВ-4 встановлюється сатураційно-водоохолоджувальний агрегат (СВА). СВА – це пристрій, що працює при низькому тиску і забезпечує насичення вуглекислого газу відповідно до стандарту. Для СВА підібрано сатуратор для насичення води діоксидом

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                                    | 26   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |

вуглецю У ньому не застосовуються спецемності, датчики рівня та електронне управління. Всі деталі, що стикаються з водою, виконані з нержавіючої сталі або нікельованої латуні.

У стандартному виконанні автомат АВ-4 підключається до водопроводу. Фільтри водоочищення встановлені в автоматі. Також можна встановити забір води з ПЕТ-пляшок. В автоматі АВ-4 збільшено нішу видачі води. Це дає можливість заповнювати 2-хлітрові пластикові бутілі. Продуктивність агрегату у стандартному виконанні 80 л/год (сатуратора 120 л/год) та обмежується пропускною здатністю холодильної машини. СВА комплектується водоохолоджувачем (пивним) із вільним контуром для води.

Стандартна комплектація СВА призначена для підключення до водопроводу, де вода пройшла попереднє очищення. В установці встановлений редуктор для діоксиду вуглецю, призначений для регулювання та автоматичної підтримки величини вихідного тиску газу незалежно від величини тиску на вході Цей редуктор містить вбудований запобіжний клапан. Він спрацьовує за мимовільне підвищення будь-якого встановленого вихідного тиску, на величину понад 0,05 КПа. Основні технічні характеристики подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| 1 | Пропускна спроможність, м <sup>3</sup> /год, при тиску на виході: 0,05 МПа – 0,6 МПа | від 1,6 до 6.0  |
| 2 | Тиск на вході, МПа   | від 1,5 до 8    |
| 3 | Тиск на виході, МПа  | від 0,05 до 0,6 |
| 4 | Статичний перепад при тиску виході: від 0,4 до 0,6 МПа, не більше                    | 0,05            |
| 5 | Габарити, мм, не більше  | 200x185x15      |
| 6 | Маса, кг, не більше  | 1,15            |



Рисунок 2.4 – Автомат АВ-4 з сатураційно-водоохолоджувальним агрегатом (СВА)

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики автоматів АВ-4

| №  | Найменування основних показників                               | Норма  |
|----|--|--|
| 1  | Кількість видів напоїв, що відпускаються                       | - охолоджена газована<br>- охолоджена негазована |
| 2  | Зміст CO <sub>2</sub> в газованій воді (за масою), %, не менше | 0,7  |
| 3  | Витрата CO <sub>2</sub> , г/л, не більше                       | 7  |
| 4  | Тиск CO <sub>2</sub> на вході в агрегат, МПа                   | 0,5±0,05   |
| 5  | Робочий тиск води на вході в сатуратор, бар                    | 6  |
| 6  | Тиск води на вході в агрегат, МПа                              | 0,5  |
| 7  | Температура води на вході в агрегат                            | від +12°C до +30°C                               |
| 8  | Температура газованої води, не більше                          | +6°C   |
| 9  | Номінальна напруга, В  | 220  |
| 10 | Номінальна потужність, кВт                                     | 0,5  |
| 11 | Габарити, мм (глибина x ширина x висота)                       | 1700x700x700                                     |
| 12 | Маса, кг, не більше  | 120  |
| 13 | Холодоагент  | R-22   |
| 14 | Холодопродуктивність, Вт                                       | 800(1000)  |
| 15 | Рівень шуму, дБа, не більше                                    | 65   |
| 16 | Продуктивність   | до 20л/год                                       |

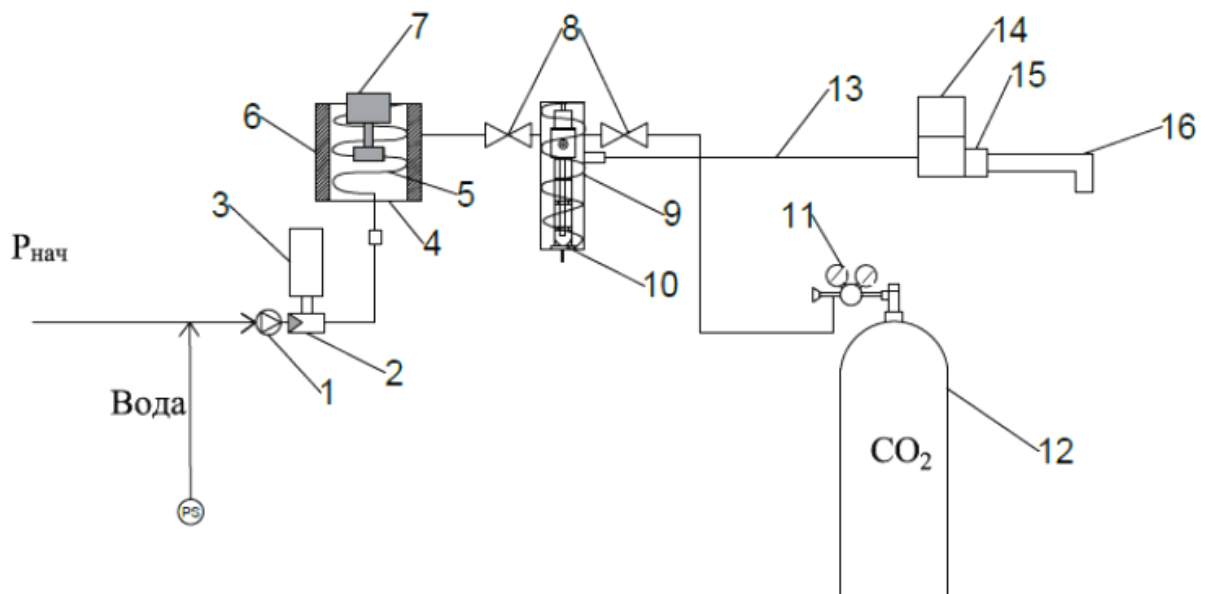
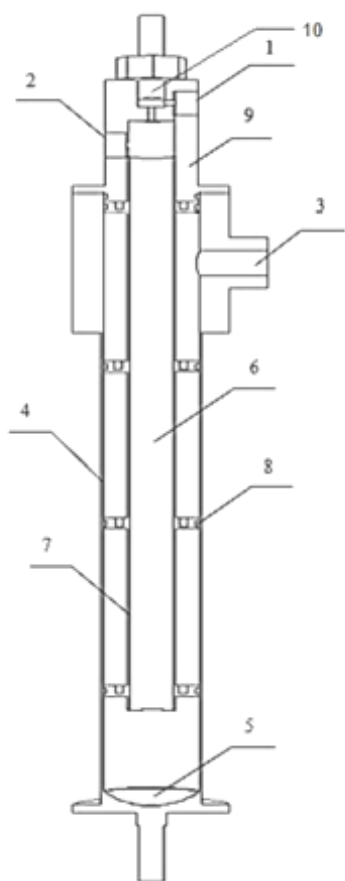


Рисунок 2.5 – Принципова схема сатураційно-водоохолоджувальної установки

На рис. 2.5 зображено: 1 – НВД, 2 – звор. клапан, 3 – гідроакумулятор, 4 – контур охолодження, 5 – змійовик, 6 – випарник, 7– помпа-мішалка, 8 – зворотний клапан, 9 – сатуратор, 10 – контур охолодження, 11 – вуглекислотний редуктор, 12 – балон вуглекислотний, 13 – контур супроводу в ізоляції, 14 – електромагнітний клапан, 15 – щілинний дросель, 16 – вилив.

Всі елементи експериментальної установки, що контактують з продуктом, виготовлені з харчової нержавіючої сталі. Для цього автомата було запропоновано струменево-барботажний сатуратор. Сатуратор для змішування рідин з газами включає отвір для подачі рідини 1, отвір для подачі газу 2 і отвір для виходу 3 одержуваної газорідинної суміші 3 виконані в корпусі 4. Корпус 4 забезпечений відбійним сферичним елементом 5, встановленим перпендикулярно осі камери змішування 6 осі увігнутою частиною в бік виходу газорідинної суміші з неї.



- 1 – отвір для подачі рідини;
- 2 – отвір для подачі газу;
- 3 – отвір для виходу одержуваної газорідинної суміші;
- 4 – корпус;
- 5 – відбійний сферичний елемент;
- 6 – камера змішування;
- 7 – насадкова колона;
- 8 – перфоровані кільця;
- 9 – газова камера;
- 10 – інжектор.

Рисунок 2.6 – Сатуратор

Між камерою змішування 6 і корпусом 4 розміщена насадкова колона 7, виконана у вигляді перфорованих кілець 8, причому її зовнішня циліндрична оболонка поєднана з корпусом 4, на якому встановлено інжектор з протилежної сторони відбійного сферичного елемента 5.

Визначення концентрації розчиненого вуглекислого газу у воді здійснювалися за допомогою Carbonation Testing Procedure, американського виробника фірми Carnelius.



Рисунок 2.7 – Вимірювач вмісту діоксиду вуглецю в рідині

#### 2.4. Процес насичення води газом у струменевих апаратах

Залежність вмісту діоксиду вуглецю в газованій воді параметрів процесу з'ясовували за допомогою установки з урахуванням промислового апарату АВ-4. Охолоджена до 1-2 °С вода роторним насосом подається в отвір для подачі рідини, де вона за допомогою інжектора, в який з отвору для подачі газу під тиском надходить вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), розбризкується і надходить у камеру змішування.

Відкинута до насадочної колони, вона далі проходить для можливого охолодження між стінками камери змішування та стінкою корпусу через перфоровані кільця для повного змішування газу з водою. Оскільки діаметр бульбашки вуглекислого газу становить 0,015 мм, то діаметр отворів перфорованих кілець виконують 1,5-2 мм. Отвори в перфорованих кільцях при цьому створюють умови для проходження структурованого потоку газорідинної суміші до отвору виходу.

Водопровідна вода, що надходить, при тиску від 0,1 до 0,6 МПа через НВД 1 та зворотний клапан 2 подається водяному редуктору. Гідроакумулятор 3 встановлений для розгладження поштовхів НВД; на вході РД (налаштовується на мінімум для контролю за наявністю води). Охолодження води відбувається в контурі охолодження 4 за рахунок контакту зі змішувачем 5, яким проходить холодоагент від пивного охолоджувача. По центру технологічної води-помпа мішалка 7, яка постійно перемішує воду, щоб запобігти її замерзання та забезпечити рівномірний розподіл температури по всьому обсягом. Охолоджена вода надходить через зворотний клапан сатуратор 9.

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                             | 30   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

По газовій магістралі через вуглекислотний редуктор 12 під тиском 4.0 кгс/см<sup>2</sup> в сатуратор 9 подається вуглекислий газ, тиск якого регулюється вуглекислотним редуктором 11. Приготування газованої води відбувається в змішувальній камері 9 сатуратора, де в результаті розбризкування охолодженої води через форсунку в середовище вуглекислого газу відбувається її насичення вуглекислотою. Пристрій видачі – або соленоїдний клапан, або ручний кран. Вони забезпечені на виході щільним дроселем 15. Далі йде вилив 16.

По всій магістралі до виливу 16 паралельно для забезпечення певної температури проходить контур супроводу теплоізоляції. Щільний дросель підібраний таким чином, щоб відповідав діаметру бульбашок. Він встановлюється перед самим виливом. Швидкість потоку стримується за допомогою турбулізуючих кілець та щільного дроселя. Також ці пристрої стримують «повітряну пробку» потоку і тим самим забезпечують рівномірність розподілу бульбашок по всьому об'єму в рідині до самого виходу готового напою з випускного отвору.

Переваги використання сатуратора у комплекті з пивним охолоджувачем.

Дана конструкція дозволяє розміщувати це обладнання незалежно від місця приєднання водної магістралі. Оскільки довжини всіх контурів для подачі води, газу, видачі готового напою можна регулювати і розміщувати будь-яким способом. Оскільки сатуратор знаходиться в охолодній обмотці та теплоізоляції, для збереження певної температури (3-6<sup>0</sup>C), на відміну від інших сатураторів, які поміщені у свою охолоджувальну камеру, можна говорити про переваги даного пристрою, де ми можемо використовувати неспеціальне охолоджувальне обладнання. Наприклад, пивний охолоджувач. У зв'язку з ускладненням продажу алкогольних напоїв, обладнання для такого роду продукції зазнає певні складнощі з економічного погляду. Тому з'явилась необхідність раціонального використання цього виду обладнання, а саме пивного охолоджувача.

Даний охолоджувач (надстоянковий) встановлюється на стійці бару, при необхідності може використовуватися як підстоечний, при цьому необхідно забезпечити вільний доступ повітря до вентиляційних отворів виробу.

Для забезпечення роботи охолоджувача в бак перед початком експлуатації заливається чиста холодна вода до рівня: 5-10 мм нижче за верхній край зливного отвору.

Регулює температуру охолодження напоїв, а також кількість льоду в баку здійснюється ручкою терморегулятора. З метою отримання стійкого розчину СО<sub>2</sub> та раціонального режиму проведення процесу насичення за вищенаведеною методикою на багатоцільовій установці (рис. 2.3) з використанням струминно-барботажного апарату вивчено вплив тиску температури та геометричних параметрів сатуратора на концентрацію СО<sub>2</sub>, і навіть втрат СО<sub>2</sub> від часу витримки.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 31   |

## 2.5 Газоміст діоксиду вуглецю після газування

У процесі проведення експериментальних досліджень з газовмісту харчової рідини, що пройшла сатуратор, заміряли всі найважливіші параметри процесу газонаповненням.

До них насамперед належать:

- температура рідкої фази – 1,5-6,0 [°C]
- тиск CO<sub>2</sub> – 2,4-2,8 [мПа].

Отримані співвідношення графічно відображалась у пакеті Mathad.

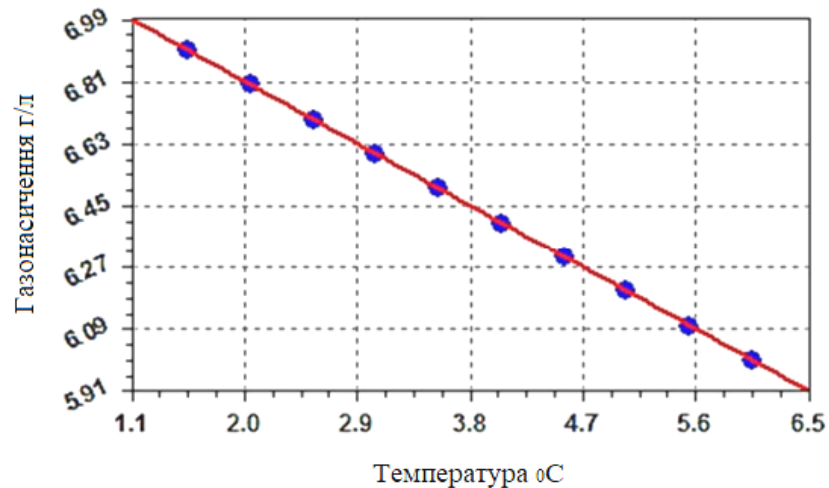


Рисунок 2.8 – Газовміст води (2,4 атм)

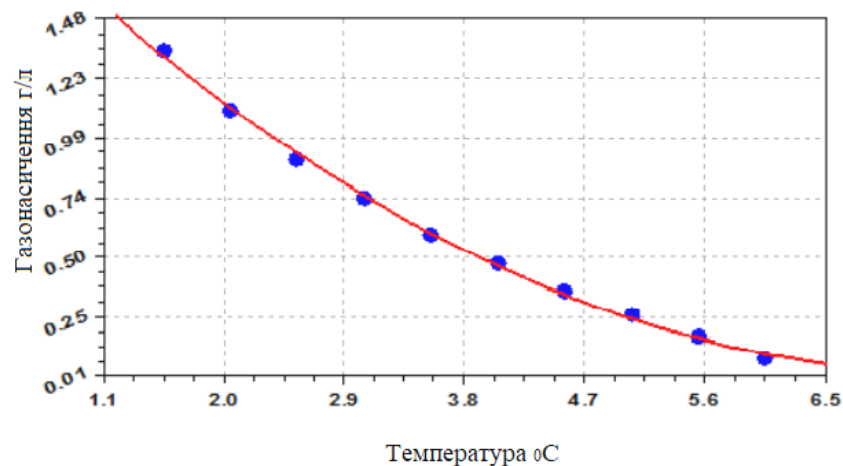


Рисунок 2.9 – Газовміст води через 15 хвилин (тиск 2,4 атм)

Аналіз графіків дозволяє зробити висновок про різну поведінку різних харчових рідин насичених при різних тисках при різних температурах цієї рідини з часом. Так якщо в протягом перших 15 хвилин газонасичення води падає за лінійним законом, то в наступні 15 хвилин темп падєри газу сповільнюється. При цьому істотну роль надає тиск, при якому вода була газована.



Особливо змістовними є графіки, що відображають закономірності зміни газоутримання при зміні значень тиску газу на вході в сатуратор, побудований для різних харчових рідин.

На цих графіках чітко видно, наприклад, суттєві відмінності у поведінці газованих води та сироватки. Якщо у першому випадку з підвищенням температури газування газонаповнення води знижується відповідно до загальної теорії розчинів, то при газуванні сироватки підвищення температури з деякого моменту навпаки збільшує газонаповнення рідини. Можна припустити, що за цей ефект відповідальні жирові кульки, що збільшують свою рухливість при вищих температурах.

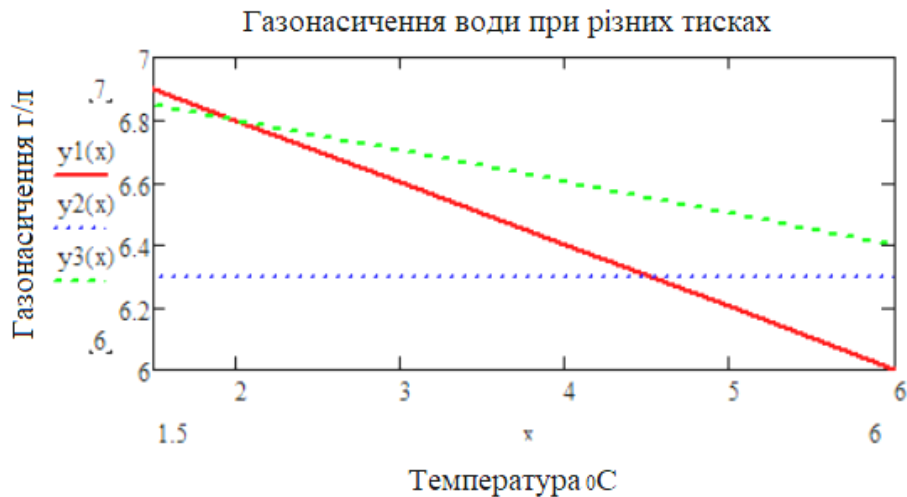


Рисунок 2.10 – Характер газонасичення води при різних тисках

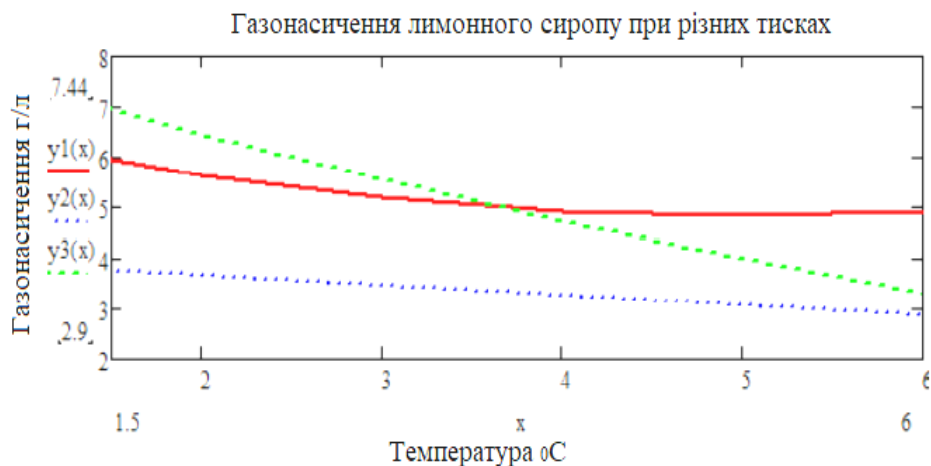


Рисунок 2.11 – Характер газонасичення лимонного сиропу

Для газонасичення води та молочної сироватки початковий тиск газу 2,6 атм і температуру 6<sup>0</sup>С, при яких через 30 хвилин газоміст залишається максимальним. З цієї точки зору найбільш раціональними режимами газонасичення лимонного сиропу є p=2,4 атм і та сама температура 6<sup>0</sup>С.

Для моделювання оцінки газотримання в рідинах використовується модуль Fuzzy Logic Toolbox, що входить до пакету MatLab.

Бажані діапазони вхідних змінних:

- $t$  (температура) – 1,5 – 6 °C
- $p$  (тиск) – 2,4 – 2,8 МПа
- $g$  (газоміст) – за таблицею розчинності – 6,0-7,0 г/л CO<sub>2</sub>.

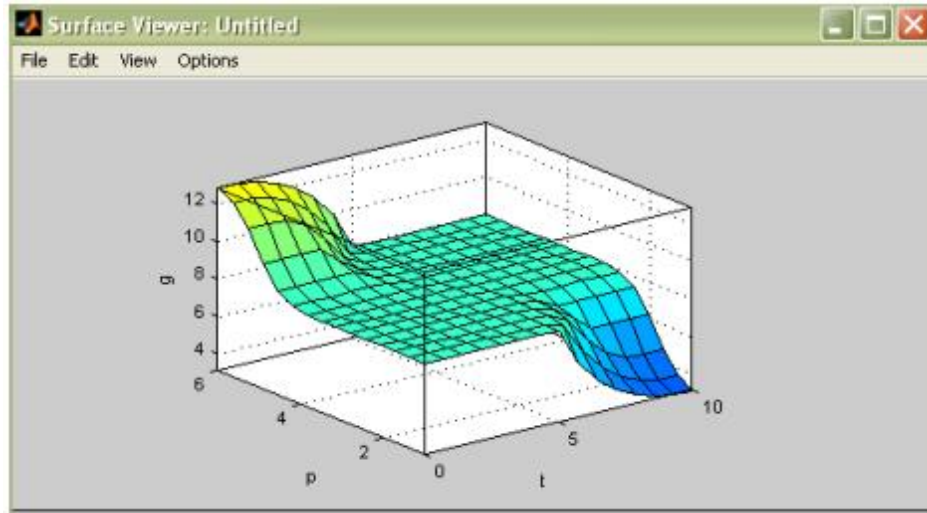


Рисунок 2.12 – Залежність газотримання від температури

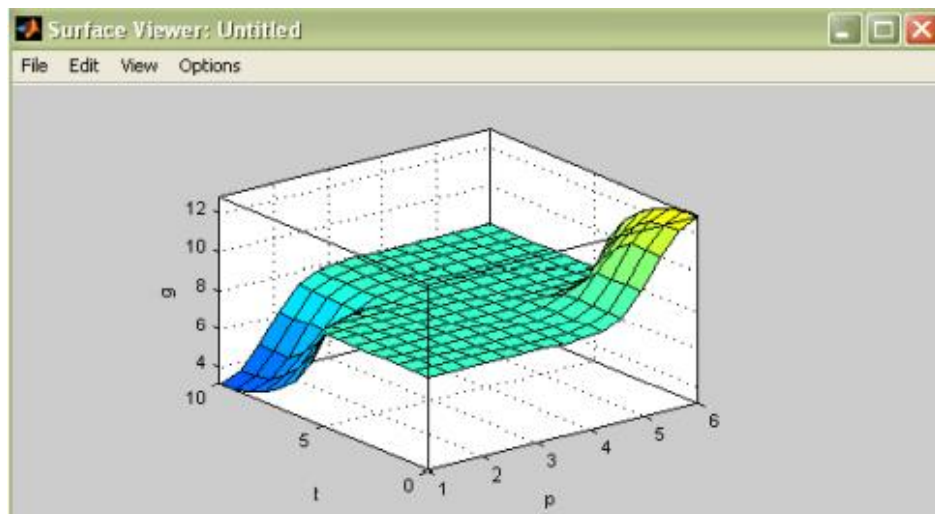


Рисунок 2.13 – Залежність газотримання від тиску

## РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Комплектація установки для виробництва газованих напоїв

Удосконалений сатуратор з комбінованим струминно-барботажним впливом на перероблювані харчові рідини може використовуватись у «стаціонарних» умовах, тобто у заводських умовах виробництва безалкогольних газованих напоїв. У цьому випадку всі попередні та наступні за змішуванням стадії виробництва використовують традиційне технологічне устаткування.

Інша ситуація складається, наприклад, при «автономному» виробництві такого напою як «смузі». Таке виробництво може здійснюватися в окремих автоматах, що встановлюються в місцях великого скупчення людей: магазинах, стадіонах, школах тощо. Використання удосконаленої конструкції сатуратора можливе тільки при наявності деяких допоміжних пристроїв. Насамперед це відноситься до пристрою короткочасного зберігання добового (до наступного оновлення) запасу натуральної сировини, наприклад плодів лимона. У цьому ж технологічному ланцюжку має бути пристрій для попередньої нарізки та тонкого подрібнення плодів чи фруктів. Для створення комплектної установки-автомата запропоновано застосовувати апарат для зберігання різних фруктів та овочів, пристрій для нарізання фруктів та овочів близьких до округлої форми.

### 3.2. Пристрій для короткочасного зберігання плодово-овочевої сировини

Апарат для зберігання різних фруктів та овочів, що застосовується в харчовій промисловості, до того ж у роздрібній торгівлі, наприклад, для приготування та продаж сатурованих напоїв з м'якоттю.

Пристрій для зберігання фруктів та овочів, включає робочу камеру для зберігання продуктів харчування та охолоджувальну сорочку, при цьому робоча камера виконана у вигляді тора, гвинтова спіраль, що подає, встановлена всередині нього між його зовнішньою та внутрішньою стінками, при цьому охолоджувальна сорочка виконана з U-подібних трубчастих пристроїв, виконаних по черзі по зовнішніх площинах зовнішньої та внутрішньої стінок робочої камери за її твірною, при цьому деякі трубчасті пристрої розташовані так, що щодо поздовжньої осі робочої камери їх найбільш довгасті ділянки мають єдине кутове зміщення щодо один одного [9].

|                  |             |                    |               |             |                                    |             |                |
|------------------|-------------|--------------------|---------------|-------------|------------------------------------|-------------|----------------|
|                  |             |                    |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>    | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                    |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |             | <i>Красовський</i> |               |             | <i>Літ.</i>                        | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  |             | <i>Цвіркун</i>     |               |             |                                    | 7           | 52             |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Омельченко</i>  |               |             | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>    |             |                |
| <i>Затверд.</i>  |             | <i>Цвіркун</i>     |               |             |                                    |             |                |

При зберіганні фруктів та овочів у таких випадках пред'являються підвищені вимоги до збереження їх харчових властивостей, а, отже, до систем охолодження, надійності та безвідмовності роботи автоматичних пристроїв та приладів. Відомі різні конструкції пристроїв для забезпечення безпеки харчових властивостей продуктів харчування, принцип дії яких заснований на застосуванні різних холодоагентів та методів охолодження конструкції відомих пристроїв металомісткі, складні та енергоємні.

Холодильні машини з розпилом у просторі камери для зберігання овочів, теплоізолюваний корпус, камеру для зберігання, розпилювальний вузол, з пристроєм для розпилення водяного пилу, вузол регулювання температури розпилювального наконечника становлять холодильне обладнання.

До недоліків такого пристрою відноситься велика витрата води та необхідність введення другого розпилювального вузла, з меншим діаметром отворів. До мінусів такого пристрою може бути віднесена складність конструкції та підвищена енергоємність апарату у процесі охолодження.

Відомо пристрій для охолодження та кристалізації згущеного молока з цукром, що включають апарат у вигляді циліндричного корпусу з охолоджувальною сорочкою, розташованим усередині нього порожнистим обертовим циліндром із зовнішньою гвинтовою поверхнею та забезпеченого патрубками для підведення та відведення продукту, та холодоагенту.

Відомо пристрій для охолодження штучних харчових продуктів, що містить теплоізолювану спіралеподібну камеру з герметичною кришкою та патрубками для підведення та відведення холодоносія, пристосування для завантаження та вивантаження продукту та встановлену в камері вздовж неї зовнішньої стінки батарею охолодження холодоносія, камера виконана в вигляді підйомної гвинтової спіралі, кут підйому якої становить від 15° до 45°, а пристрій для завантаження продукту і патрубків для підведення холодоносія повідомлено з нижньою частиною камери на початку її підйому [6, 9].

Крім того, результуюча сила, що зумовлює рух продукту, буде менше опору, викликаного дією сили, що виштовхує, і сили тертя, у результаті переміщення продукту буде утруднено.

Одним із найбільш вдалих є пристрій для зберігання овочів, фруктів та ягід, що містить робочу камеру для зберігання продуктів харчування та охолоджувальну сорочку, причому робоча камера містить соляні панелі та обладнана перфорованою підлогою з фільтром у вигляді подрібненої соляної породи з'єднаної за допомогою отворів у підлозі з охолодною сорочкою, при цьому в робочій камері для зберігання продуктів харчування встановлено опору для розміщення продуктів, що зберігаються із зазором щодо підлоги та бічних стін.

До найбільш суттєвих недоліків зазначеного технічного рішення відноситься велика ймовірність підморожування продукту за його охолодженні, що неминуче призводить до його стеження при зберіганні.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 36   |

Головним є підвищення ефективності охолодження продукту без підморожування для цього пристрій для зберігання фруктів та овочів має включати робочу камеру з гвинтовою спіраллю і охолоджуючу сорочку. Робоча камера виконана у вигляді тора, гвинтова спіраль встановлена усередині нього між його зовнішньою та внутрішньою стінками [9]. Технічним результатом є періодичне переміщення фруктів та овочів та зниження їх псування в процесі зберігання без стеження та підморожування. Принципова схема апарату зображена на рис. 3.1.

Пристрій складається з робочої камери, що має форму тора із зовнішньою стінкою 1 і внутрішньою стінкою 2 і гвинтової спіралі 3 для транспортування та зберігання овочів та фруктів. Вона має охолодуючу сорочку 4 з трубчастих елементів, встановлених послідовно за зовнішніми площинами стінок робочої камери. Різні трубчасті пристрої розташовані таким чином, що тривалі ділянки по відношенню до поздовжньої осі камери мають таке ж кутове усунення щодо один одного. Штуцер 5 служить для подачі, а відведення 6 холодоагенту.

Отвір 7 забезпечує вивантаження охолоджених овочів та фруктів. Пристрій працює наступним чином при зберіганні овочів та фруктів. Циркулюючий холодоагент в охолоджувальній камері 4 надходить через штуцер 5. Коли до робочої камери надходить інгредієнт, то вони розподіляються по всій довжині спіралі 3. Охолоджувальна камера виконана з трубчастих пристроїв, розташованих по зовнішнім поверхням зовнішньої 1 і внутрішньої стінок 2 робочої камери. Через штуцер 6 виводиться відпрацьований холодоагент [6, 9]. Розвантажувальний отвір 7 служить для вилучення охолоджених інгредієнтів, рис. 3.1, рис. 3.2.

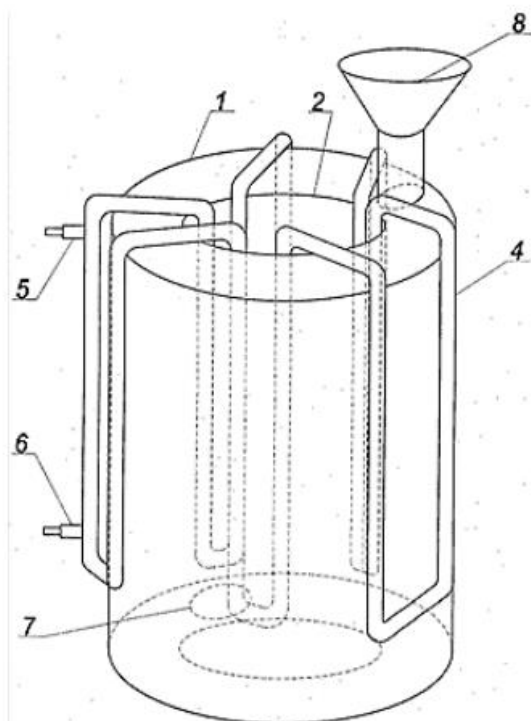


Рисунок 3.1 – Пристрій для короточасного зберігання плодів та фруктів

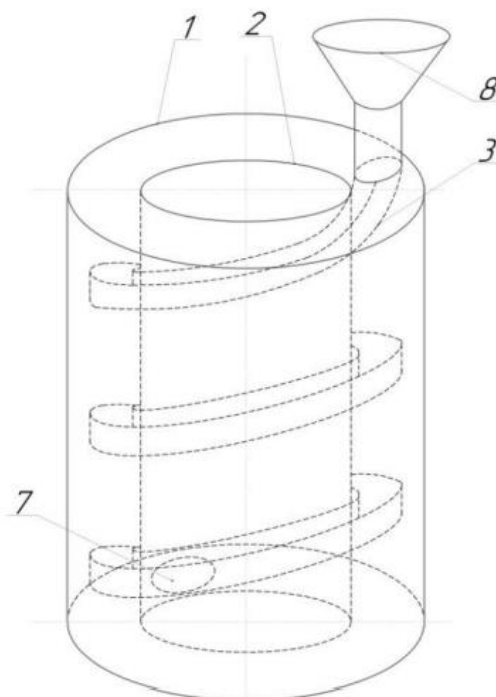


Рисунок 3.2 – Робоча камера апарату без охолоджувальної сорочки

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

### 3.3 Пристрій для попереднього нарізування плодів

У процесі роботи, наприклад, з приготування смузі, фрукти необхідно подрібнювати. На першому етапі використовується пристрій призначене для нарізки плодових культур близьких до округлої формі. У харчовій промисловості дозування інгредієнтів у суміші виконується введенням певної кількості фруктів попередньо подрібнених. Попереднє різання цілого плоду служить первинною операцією в технологічний процес приготування напоїв з м'якоттю.

Привертає увагу конструкція пристрою для різання на частини плодів та овочів автоматичних соковитискачів фірми ZumeX. Апарат містить опорні поверхні та сполучений з ними ножовий блок. Нарізка на частини фруктових або харчових плодів виконується за допомогою дії ножового блоку, розташованого на опорних поверхнях у вигляді напівсфер, що обертаються. У цьому устаткуванні помічено ряд недоліків таких, як появи змінання плода при різанні, а також необхідність одночасного використання розрізаних половинок плода.

Технічним завданням запропонованого варіанта апарату є підвищення продуктивності пристрою для різання на частини плодів та овочів, підвищення ефективності та автоматизації технологічного процесу. Щоб вирішити такий набір проблем, пов'язаних із поєднанням усіх задач розроблена раціональна конструкція оснащена опорними площинами та ножовим блоком. Принцип роботи такого пристрою заснований на поступальному рух ножового блоку 3, розташованого в створі з вертикальним пазом 1 опорного циліндра, а опорна поличка 4 перекриває його внутрішню порожнину, куди зверху під дією сили тяжіння із накопичувальної ємності надходить плід або овоч і розрізається навпіл [11]. Попеременно опорна поличка 5 та ножовий блок утримують відрізаний фрукт, одна половина якого надходить на подальшу операцію, а інша з часом також йде подальше подрібнення, рис. 3.3.

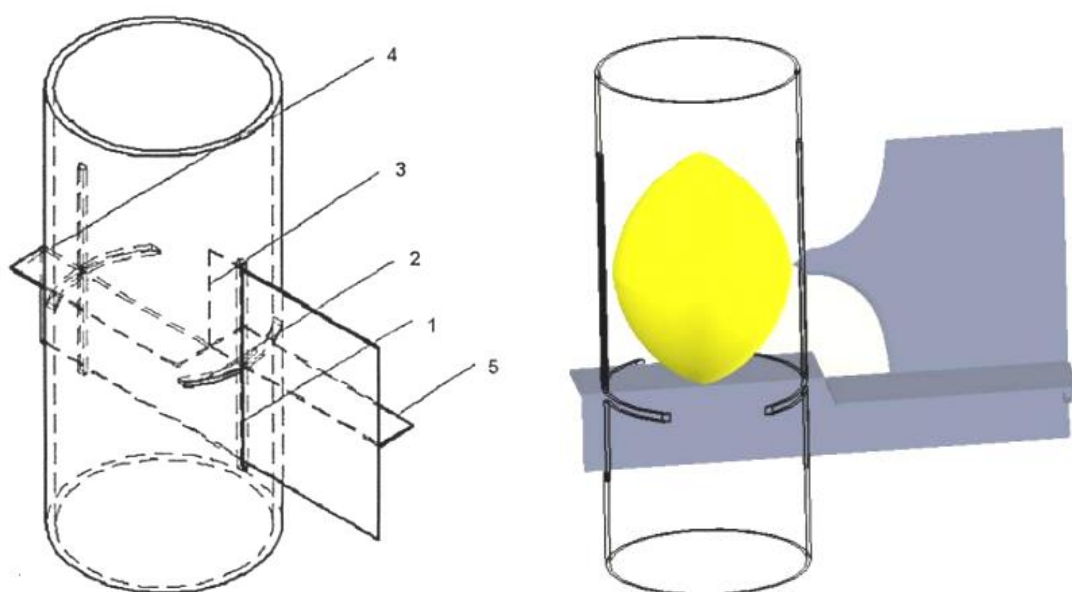


Рисунок 3.3 – Пристрій для попереднього нарізування плодів

Остаточне подрібнення фруктів для використання при приготуванні газованих напоїв здійснюється за допомогою пристрою, яке складається з корпусу із завантажувальним та вивантажувальним отворами, подрібнювального механізму, у вигляді розміщеного по осі корпусу порожнистого валу та закріпленого на ньому подрібнювального органу, порожнистий вал виконаний перфорованим та розміщений з можливістю переміщення вздовж осі корпусу, а його нижній кінець, спрямований у бік вивантажувального отвори, забезпечений конічною заглушкою з радіально завзятим підшипником, при цьому верхній кінець валу, з кільцевим магнітом, підпружинений і розміщений усередині соленоїда, а в середній частині валу закріплений фрикційний конус, що входить у зіткнення з приводом при вертикальному переміщенні валу. Крім того, верхній кінець порожнього валу з'єднаний з магістраллю, що подає, функціональної рідини. Пристрій для тонкого подрібнення сировини включає статор та ротор з нанесеним на робочі органи абразивом. До недоліків такого пристрою може бути віднесено достатньо швидке забивання мезгою («засолювання») робочих поверхонь, що вимагає частого промивання.

Відомо пристрій для подрібнення рослинної сировини з абразивним покриттям робочих органів має радіальні канавки для видалення мезги та більш ефективно для переробки ягід та фруктів. Недоліком відомого апарату є висока точність виготовлення сполучених робітників органів та необхідність частого регулювання.

Успішно використовується для подрібнення роторних фруктів подрібнювач, що складається з корпусу із завантажувальним та вивантажувальним отворами, подрібнюючого механізму у вигляді розміщеного по осі корпусу порожнистого валу та закріпленого на ньому подрібнювального органу [6]. Цей статор виготовлений у вигляді склянки, що містить бічну робочу площину, а на осі склянки розміщено ротор механізму для подрібнення. Вид ротора має порожнистий вал, який пов'язаний з бункером для завантаження, з відцентровим живильником. Недоліком такого пристрою є складність виконання виконавчих органів.

Для подрібнення інгредієнтів до високого рівня, забезпечивши автоматизацію процесу, знизити енергоспоживання та матеріаломісткість обладнання. Сутність полягає в тому, що у пристрої для подрібнення фруктів та овочів, що складається з корпусу із завантажувальним та вивантажувальним отворами, подрібнювального механізму, у вигляді розміщеного по осі корпусу порожнистого валу та закріпленого на ньому подрібнювального органу, порожнистий вал виконаний перфорованим та розміщений з можливістю переміщення вздовж осі корпусу, а його нижній кінець, спрямований у бік вивантажувального отвори, забезпечений конічною заглушкою з радіально завзятим підшипником, при цьому верхній кінець валу, з кільцевим магнітом, підпружинений і розміщений усередині соленоїда, а в середній частині валу закріплений фрикційний конус, що входить у зіткнення з приводом при вертикальному переміщенні валу. Крім того, верхній кінець порожнього валу з'єднаний з магістраллю, що подає, функціональної рідини.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 39   |

Підвищення ефективності подрібнення фруктів та овочів за рахунок автоматизації перемикання режимів подрібнення та вивантаження готової продукції, що здійснюється регульованим включенням соленоїда, що генерує магнітне поле, яке забезпечує надійне перекриття вивантажувального отвору та з'єднання валу з приводом у процесі подрібнення при розміщенні валу

На рис. 3.4 зображено пристрій для подрібнення фруктів та овочів складається з камери для зберігання подрібнюваних продуктів 1 з охолоджуваною сорочкою, різальної камери 2, патрубку для з'єднання з сатуратором 3, електромагніту 4, зворотної пружини 5, електроприводу з фрикційним редуктором 6, кришки із завантажувальним отвором та пластинчастою пружиною 7, встановленого з можливістю осьового переміщення порожнистого перфорованого валу 8, подрібнювального органу 9, конічної заглушки 10, що направляє воронки 11 і ємності для наповнення 12 [10]. Цьому сприяє постачання валу конічною заглушкою з радіально завзятим підшипником. З іншого боку, виконання порожнього валу перфорованим та з'єднання його верхнього кінця з магістраллю функціональної рідини дозволяє легко дезінфікувати робочу камеру видаляючи залишки подрібненого продукту. За потреби використовувати подрібнений продукт, наприклад, для приготування фруктового або овочевого напою з м'якоттю, як функціональна рідини може бути використана газована вода зі смаковими компонентами.

Пристрій, наприклад, при приготуванні газованого лимонного напою з м'якоттю, працює в такий спосіб. При увімкненні пристрою з камери 1 один фрукт, наприклад лимон, надходить у різальну камеру 2, де розрізається на дві половини, після цього відкривається одна з половин складової перемички та половинка лимона потрапляє через відкритий отвір завантажувального отвору кришки 7 всередину подрібнювальної ємності, пластинчаста пружина знаходиться у стислому стані. При цьому вал 8 знаходиться у крайньому верхньому положенні, конічна заглушка 10 замикає робочий об'єм камери, а конічний редуктор 6 приводу знаходиться в зачепленні з фрикційним конусом розташованим на валу 8 [9]. Пружина 5 при цьому знаходиться в стислому положенні під дією включеного електромагніта 4. Патрубок 3 перекритий і не допускає влучення газованої води зі смаковими інгредієнтами у робочу порожнину. Після включення приводу 6 перекривається отвір кришці 7, а подрібнювальний орган 9, впливаючи на половинку лимона подрібнює її до необхідної кондиції.

Після відключення приводу вимикається електромагніт 4 та пружина 5 переміщує вал 8 крайнє нижнє положення. Одночасно патрубок 3 відкривають для з'єднання з сатуратором, газована вода зі смаковими інгредієнтами надходить усередину порожнистого валу 8 і через перфорацію вимиває з робочого об'єму камери подрібнений лимон спочатку у напрямну вирву 11, а потім в ємність 12. Одночасно очищаючи і сам подрібнювальний орган 9. Далі перекривається патрубок 3 і включається електромагніт 4, після чого робоча ємність замикається. При переміщенні порожнистого валу 8 у крайнє верхнє положення відкривається отвір у кришці 7.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                                    | 40   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |



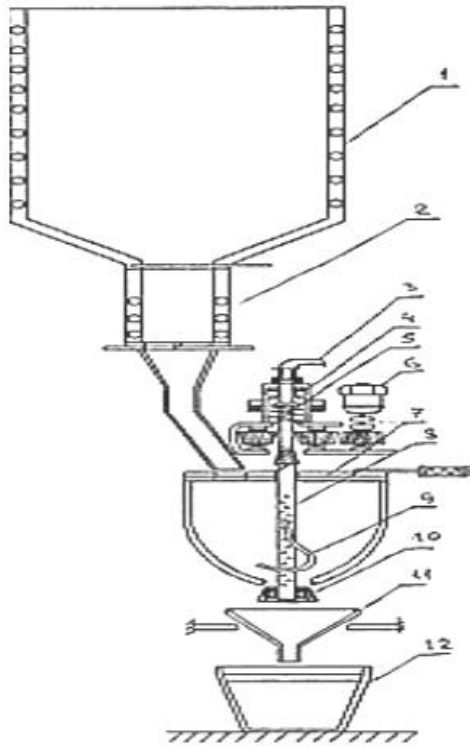


Рисунок 3.4 – Пристрій для тонкого подрібнення фруктів та плодів

Процес завантаження половинки лимона здійснюють через другу половину складової перемички та подрібнення його з вимиваємо напівфабрикату повторюється. У разі простої дезінфекції камери через патрубок 3 подається миючий розчин, ємність 12 видаляється і технологічні відходи зливають у спеціальну ємність.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ

Арк.

41

## ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена удосконаленню процесу та апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю. У роботі зазначено, що в харчовій промисловості добре відома технологія, яка використовується при виготовленні газованих напоїв, в якій охоложені рідини насичуються в сатураторах під тиском діоксидом вуглецю, що має консервуючу властивість. На практиці найбільш поширені способи організації взаємодії фаз, наприклад прямоточним рухом в апараті, перемішуванням або циркуляцією рідини, циркуляція газу.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд апаратів для насичення напоїв діоксидом вуглецю. Зазначено, що для проведення процесів розчинення газів широко використовуються апарати із високим барботажем шаром. Їх основними перевагами є досить розвинена поверхня контакту фаз, простота конструкції, яка дозволяє проводити процеси під високим тиском, великий час перебування рідини в апараті. У барботажних апаратах формується нестійкий циркуляційний рух рідини по висоті апарату, який забезпечує не тільки інтенсивне перемішування рідини, але й залучає до циркуляційного руху дрібніші бульбашки.

У ряді випадків (наприклад, при проведенні окислювальних процесів з участю кисню повітря) таке перемішування газової фази за висотою апарату знижує рушійну силу процесу розчинення. Прості барботажні пристрої: труби з отворами, дірчасті тарілки, ковпачки з прорізами не дозволяють отримати бульбашки невеликих розмірів і тем самим забезпечити високорозвинену поверхню контакту. Крім того, вихровий рух рідини призводить до того, що при висоті барботажного шару більше 0,8-1,0 м бульбашки починають коалесцювати. Тому розмір бульбашок у барботажних апаратах зазвичай коливається від 4 до 10-12 мм.

Другий розділ присвячено удосконаленню конструктивних параметрів апарату для насичення напоїв діоксидом вуглецю. Сконцентровано увагу на тому, що на процес насичення напоїв значний вплив мають п'ять основних факторів: тиск подачі CO<sub>2</sub> в напій; питомі витрати діоксиду вуглецю на насичення; склад напою; температура напою; розрідження, що створюється при попередній деаерації води.

Досліджено автомат АВ-4 із сатураційно-водоохолоджувальним агрегатом (СВА). Залежність вмісту діоксиду вуглецю в газованій воді від параметрів процесу з'ясовували за допомогою установки на базі промислового апарату АВ-4. Автомат АВ-4 – це автомат безперервної видачі охолодженої газованої та негазованої води. В автоматі АВ-4 встановлюється сатураційно-водоохолоджувальний агрегат (СВА). СВА – це пристрій, що працює при низькому тиску і забезпечує насичення вуглекислого газу відповідно до стандарту.

|                  |             |                    |               |             |                                    |             |                |
|------------------|-------------|--------------------|---------------|-------------|------------------------------------|-------------|----------------|
|                  |             |                    |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>    | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                    |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |             | <i>Красовський</i> |               |             | <i>Лім.</i>                        | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  |             | <i>Цвіркун</i>     |               |             |                                    | 2           | 52             |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Омельченко</i>  |               |             | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>    |             |                |
| <i>Затверд.</i>  |             | <i>Цвіркун</i>     |               |             |                                    |             |                |

Для СВА запропоновано струменево-барботажний сатуратор для насичення води діоксидом вуглецю У ньому не застосовуються спецеменності, датчики рівня та електронне управління. Всі деталі, що стикаються з водою виконані з нержавіючої сталі або нікельованої латуні.

З метою отримання стійкого розчину CO<sub>2</sub> та раціонального режиму проведення процесу насичення за вищенаведеною методикою на багатопільовій установці з використанням струмино-барботажного апарату вивчено вплив тиску температури та геометричних параметрів сатуратора на концентрацію CO<sub>2</sub>, і навіть втрат CO<sub>2</sub> від часу витримки.

Зазначено, що протягом перших 15 хвилин газонасичення води падає за лінійним законом, то в наступні 15 хвилин темп подери газу сповільнюється. При цьому істотну роль надає тиск, при якому вода була газована. Якщо у першому випадку з підвищенням температури газування газонаповнення води знижується відповідно до загальної теорії розчинів, то при газуванні сироватки підвищення температури з деякого моменту навпаки збільшує газонаповнення рідини. Можна припустити, що за цей ефект відповідальні жирові кульки, що збільшують свою рухливість при вищих температурах.

Встановлено раціональні режими газонасичення різних харчових рідин: для газонасичення води та молочної сироватки слід рекомендувати початковий тиск газу 2,6 атм і температуру 6 °С, при яких через 30 хвилин газоміст залишається максимальним, а найбільше раціональними режимами газонасичення лимонного сиропу є  $p=2,4$  атм і та сама температура 6 °С.

У третьому розділі запропоновано удосконалений сатуратор з комбінованим струмино-барботажним впливом на перероблювані харчові рідини може використовуватись у «стаціонарних» умовах, тобто у заводських умовах виробництва безалкогольних газованих напоїв. У цьому випадку всі попередні та наступні за змішуванням стадії виробництва використовують традиційне технологічне устаткування.

Інша ситуація складається, наприклад, при «автономному» виробництві такого напою як «смузі». Таке виробництво може здійснюватися в окремих автоматах, що встановлюються в місцях великого скупчення людей: магазинах, стадіонах, школах тощо.

Використання удосконаленої конструкції сатуратора можливе тільки при наявності деяких допоміжних пристроїв. Насамперед це відноситься до пристрою короткочасного зберігання добового (до наступного оновлення) запасу натуральної сировини, наприклад плодів лимона. У цьому ж технологічному ланцюжку має бути пристрій для попередньої нарізки та тонкого подрібнення плодів чи фруктів. Для створення комплектної установки-автомата запропоновано застосовувати апарат для зберігання різних фруктів та овочів, пристрій для нарізання фруктів та овочів близьких до округлої форми.

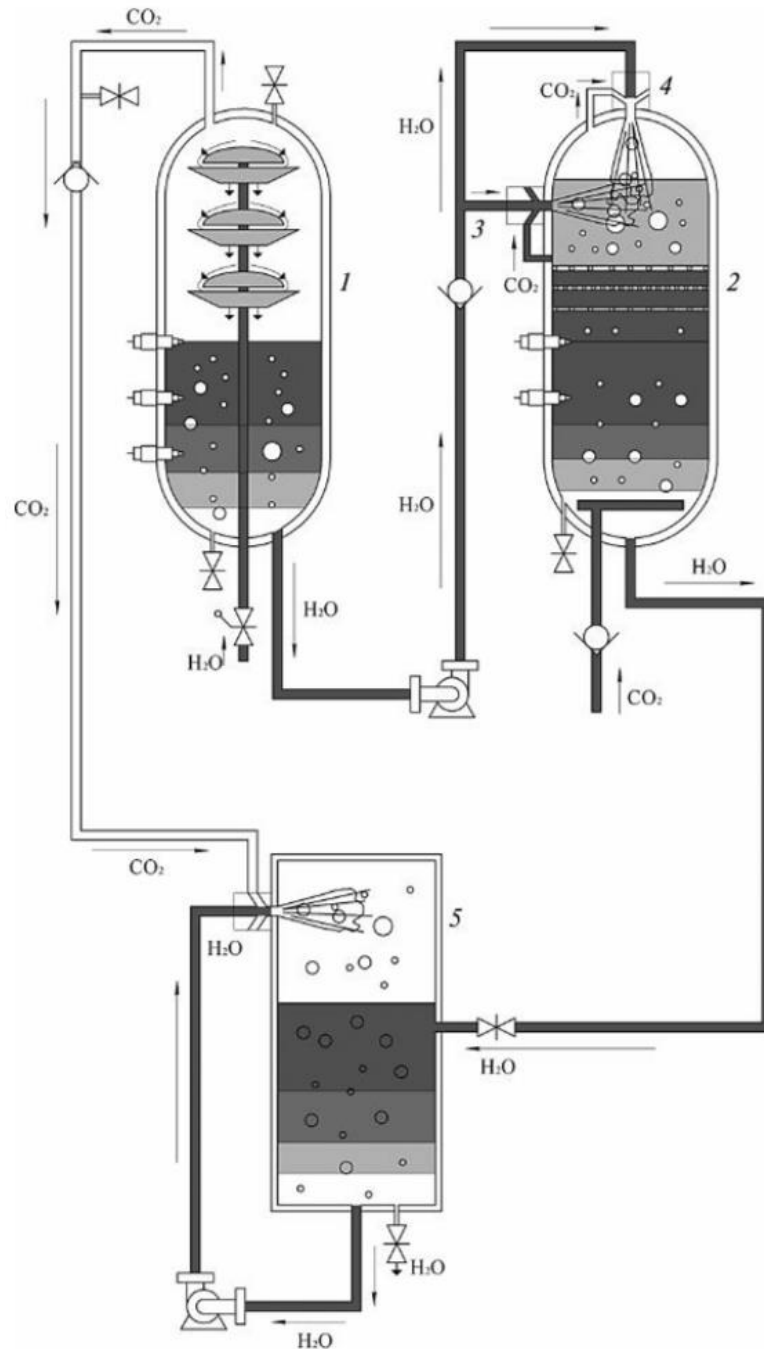
|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                             | 43   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Brune P., Cremer I., Dorrenboom I.I., Witte H.M. Automatische Kohlensäure Dosieranlage // Brauwelt, Ig.114(1974), № 67, P.1430-1431.
2. Bennet, M. C. Curious phenomena in lime sucrate // Int. Sugar J. 1998. V. 100, № 1194. P. 266-271.
3. Allen, T. A. Molecular association in the sucrose water system // Sugar Technology Reviews. 1974. V. 2, № 2. P. 165-180.
4. Busching L. Erfahrungen mit der Saftreinigung bei Einhaltung des nach einer modifizierten Baczek-Jesic-Methode bestimmten optimalen // Flockungspunktes von Vorkalkung und Carbonatation. Zucker, 1977, vol. 30, N 11, P. 595-600.
5. 1. Peter D. Hicks, Mark J. Cooker, Adrian J. Matthews: Saturation front evolution for liquid infiltration into a gas filled porous medium with counter-current flow/ European Journal of Mechanics - B/Fluids, Volume 43, January-February 2014, Pages 202-215
6. Ali Ishakoglu, A. Filiz Baytas: The influence of contact angle on capillary pressure saturation relations in a porous medium including various liquids/ International Journal of Engineering Science, Volume 43, Issues 8-9, May 2005, Pages 744-755.
7. Патент № 37197 Україна, МПК А23L 2/52. Пристрій для насичення безалкогольних напоїв діоксидом вуглецю. /Р.В. Петрікей, О.М. Прохоров. Заявл. 23.04.2008, опубл. 25.11.2008.
8. Патент № 88732 Україна, МПК А23L 2/00. Пристрій для насичення безалкогольних напоїв діоксидом вуглецю. /Р.В. Петрікей, О.М. Прохоров. Заявл. 23.04.08, опубл. 10.11.2009.
9. Касян О.О. Удосконалення апарату для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів. Кривий Ріг: ДоННУЕ, 2022. 52 с.
10. Білик Н. Удосконалення апарату та процесу різання плодоовочевого сировини. Кривий Ріг: ДоННУЕ, 2022. 54 с.
11. Gubenia O., Guts V. Modeling of cutting of food products. EcoAgroTourism. 2010, no. 1, pp. 67-71.
12. Sheyina A., Goots V. Cutting speed value during plant material grinding in food industry. Ukrainian journal of food science. 2016, vol. 4, iss. 1, pp. 111-119.

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                             | 44   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

**Додаток А**  
**Принципова схема дії сатураторів**

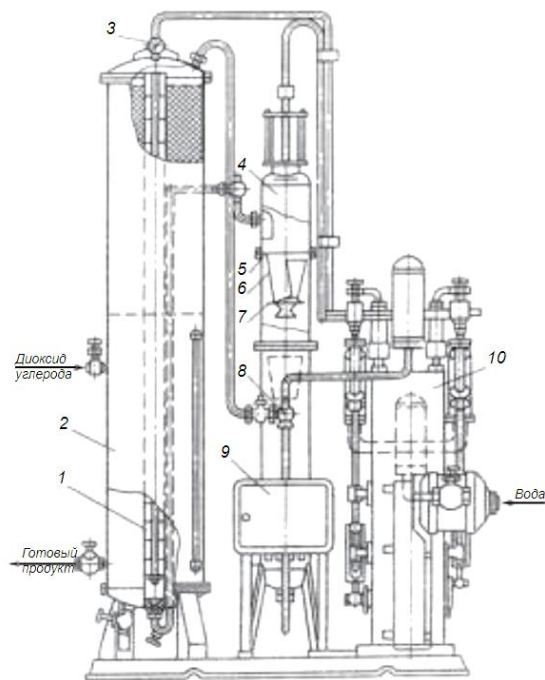


Принципова схема дії сатураторів

1 – деаераційна колона; 2 – сатураційна колона; 3,4 – ежектори; 5 – колона накопичення сатурованої води

|           |      |             |        |      |                                    |      |      |         |
|-----------|------|-------------|--------|------|------------------------------------|------|------|---------|
|           |      |             |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b> |      |      |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.    | Підпис | Дата |                                    |      |      |         |
| Розроб.   |      | Красовський |        |      | Принципова схема дії сатураторів   | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  |      | Цвіркун     |        |      |                                    |      | 1    | 52      |
| Н. Контр. |      | Омельченко  |        |      | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>    |      |      |         |
| Затверд.  |      | Цвіркун     |        |      |                                    |      |      |         |

**Додаток Б**  
**Автоматичний сатуратор АСК-1**



**Технічні характеристики сатураторів**

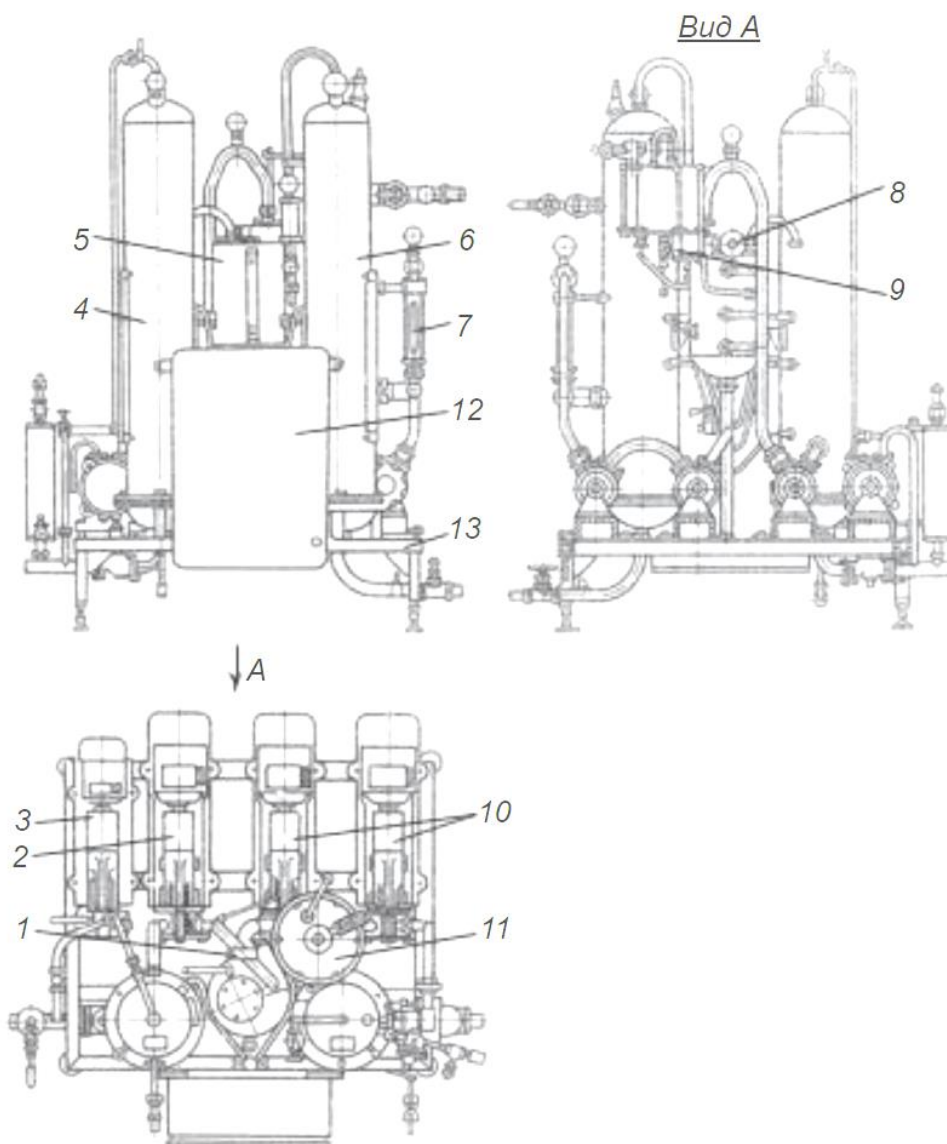
| Найменування показників                    | Марка сатуратора |                 |                 |                 |                |                 |
|--|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|  | Е6-АССМ          | АСМ             | РЗ-ВСВ-6        | РЗ-ВСВ-12       | АСК-1          | ВСБ             |
| Продуктивність, л/год                      | 800              | 1500            | 6000            | 12000           | 3000           | 7500            |
| Робочий тиск в сатураційній колоні, МПа    | 0,4              | 0,4             | 0,6             | 0,6             | 0,6            | 0,35            |
| Тиск в деаераторі, МПа                     | -                | 0,05            | 0,085           | 0,085           | -              | -               |
| Вміст СО у воді на виході із сатуратора, % | 0,7              | 0,65            | 0,8             | 0,8             | 0,65           | 0,65            |
| Температура води, що поступає, °С          | 4-7              | 4-7             | 4-7             | 4-7             | 4-7            | 4-7             |
| Тиск води, що поступає, МПа                | -                | До 0,15         | Не менше 0,15   |                 | -              | 0,15-0,2        |
| Потужність електродвигуна, кВт             | 1,1              | 1,1             | 11,0            | 20,0            | 2,2            | 9,0             |
| Габаритні розміри, мм                      | 1200x560 x1700   | 1320x1335 x2035 | 1500x1400 x2500 | 1750x1600 x2500 | 1860x660 x2760 | 1850x1430 x2350 |
| Маса, кг                                   | 270              | 900             | 1200            | 1500            | 900            | 1000            |

**ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ**

| Зм.       | Арк. | № докум.    | Підпис | Дата |                                 |      |      |         |
|-----------|------|-------------|--------|------|---------------------------------|------|------|---------|
| Розроб.   |      | Красовський |        |      | Автоматичний сатуратор АСК-1    | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  |      | Цвіркун     |        |      |                                 |      | 1    | 52      |
| Н. Контр. |      | Омельченко  |        |      | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |      |      |         |
| Затверд.  |      | Цвіркун     |        |      |                                 |      |      |         |

## Додаток В

Синхронно-змішувальна установка для приготування газованих безалкогольних напоїв безперервним способом



1 – насадка дозувальна; 2 – насос вихровий; 3 – вакуум-насос; 4 – колонка деаераційна; 5 – колонка змішувальна; 6 – колонка насичення; 7, 8 – інжектор струменевий; 9 – клапан; 10 – насос; 11 – резервуар для сиропу; 12 – пульт управління; 13 – основа.

|  |      |             |         |      |
|--|------|-------------|---------|------|
| <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>   |      |             |         |      |
| Зм.  | Арк. | № докум.    | Підпис  | Дата |
| Розроб.  |      | Красовський |         |      |
| Перевір.   |      | Цвіркун     |         |      |
| Н. Контр.  |      | Омельченко  |         |      |
| Затверд.   |      | Цвіркун     |         |      |
| Синхронно-змішувальна установка для приготування газованих безалкогольних напоїв безперервним способом |      |             | Літ.    | Арк. |
|  |      |             |         | 1    |
|  |      |             | Аркушів | 52   |
| <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>  |      |             |         |      |

## Додаток Г

### Схема струминно-барботажного сатуратора

Потоки в камері змішування характеризуються такими параметрами:

$P_1$  – тиск на виході із сопла, вважається заданою величиною  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_2$  – тиск (розрядження), створюване в приймальній камері;  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_T$  – тиск на межі зіткнення струменя з рідинно-газовою пробкою,  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_3$  – тиск потоку при повороті на  $180^\circ\text{С}$ ,  $\text{Н/м}^2$ ;

$V_1$  – швидкість струменя, також задана величина,  $\text{м/с}$ ;

$V_2$  – швидкість газового потоку на вході в камеру змішування,  $\text{м/с}$ ;

$V_T$  – швидкість межі зіткнення струменя з рідинно-газової пробкою,  $\text{м/с}$ ;

$V_3$  – швидкість потоку при повороті на  $180^\circ\text{С}$ ,  $\text{м}$ .

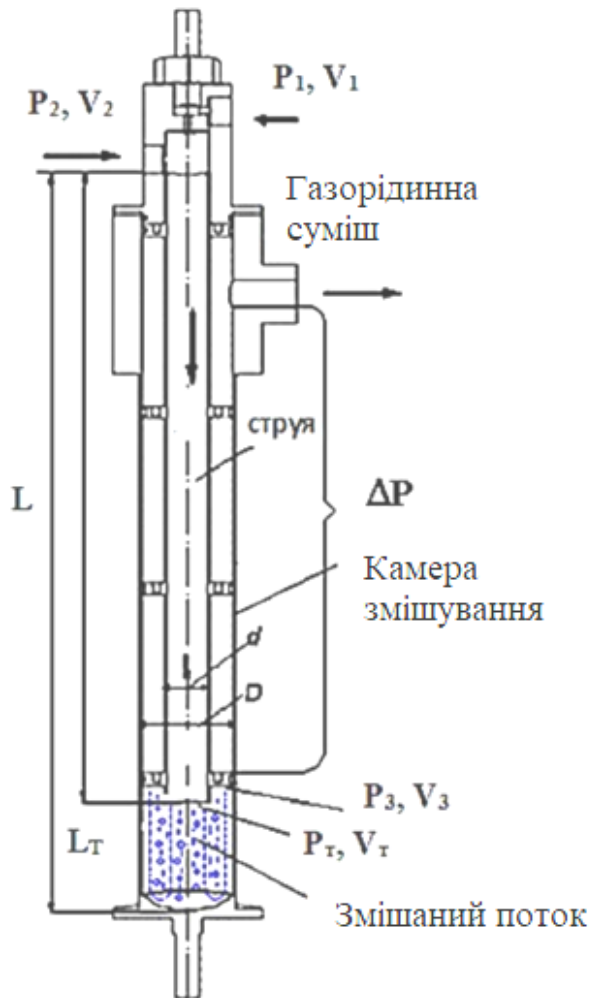


Схема струминно-барботажного сатуратора

де  $d_0$  – діаметр отвору сопла;

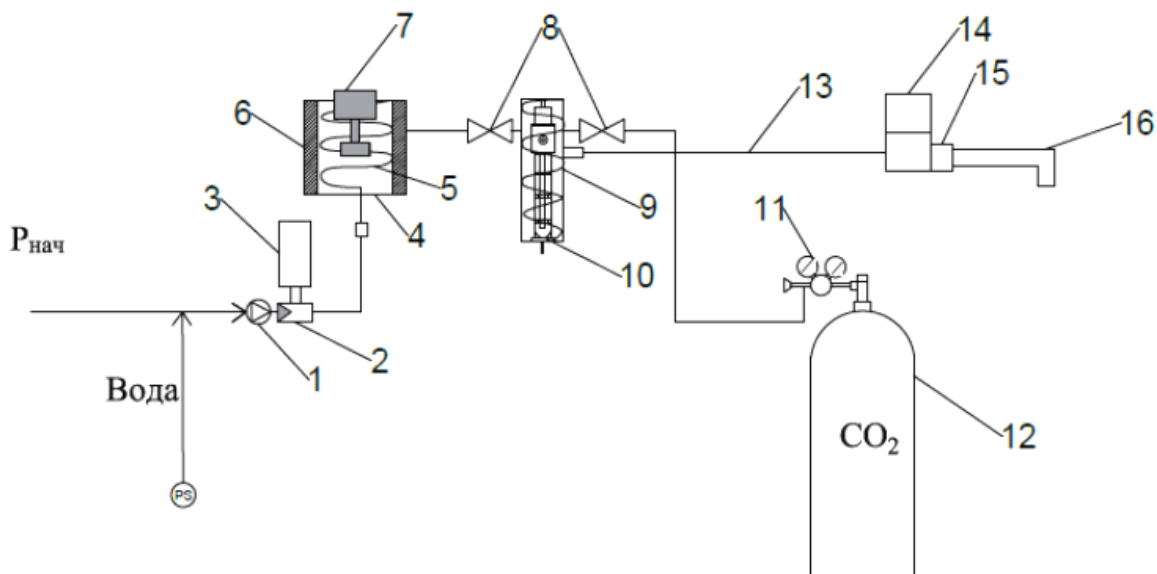
$V_2$  – швидкість газового потоку на кордоні зі струменем;

$V_1$  – швидкість струменя межі з рідинним потоком.

|   |             |          |        |         |
|---|-------------|----------|--------|---------|
| <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>      |             |          |        |         |
| Зм.                                     | Арк.        | № докум. | Підпис | Дата    |
| Розроб.                                 | Красовський |          |        |         |
| Перевір.                                | Цвіркун     |          |        |         |
| Н. Контр.                               | Омельченко  |          |        |         |
| Затверд.                                | Цвіркун     |          |        |         |
| Схема струминно-барботажного сатуратора |             |          |        |         |
|   |             | Літ.     | Арк.   | Аркушів |
|   |             | 1        | 52     |         |
| <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>         |             |          |        |         |



**Додаток Д**  
**Принципова схема сатураційно-водоохолоджувальної**  
**установки**



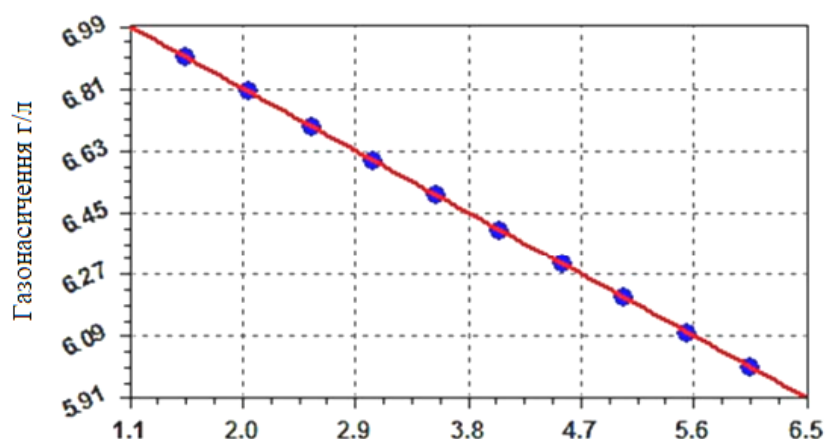
**Технічні характеристики автоматів АВ-4**

| №  | Найменування основних показників                               | Норма  |
|----|--|--|
| 1  | Кількість видів напоїв, що відпускаються                       | - охолоджена газована<br>- охолоджена негазована |
| 2  | Зміст CO <sub>2</sub> в газованій воді (за масою), %, не менше | 0,7  |
| 3  | Витрата CO <sub>2</sub> , г/л, не більше                       | 7  |
| 4  | Тиск CO <sub>2</sub> на вході в агрегат, МПа                   | 0,5±0,05   |
| 5  | Робочий тиск води на вході в сатуратор, бар                    | 6  |
| 6  | Тиск води на вході в агрегат, МПа                              | 0,5  |
| 7  | Температура води на вході в агрегат                            | від +12°C до +30°C                               |
| 8  | Температура газованої води, не більше                          | +6°C   |
| 9  | Номінальна напруга, В  | 220  |
| 10 | Номінальна потужність, кВт                                     | 0,5  |
| 11 | Габарити, мм (глибина x ширина x висота)                       | 1700x700x700                                     |
| 12 | Маса, кг, не більше  | 120  |
| 13 | Холодоагент  | R-22   |
| 14 | Холодопродуктивність, Вт                                       | 800(1000)  |
| 15 | Рівень шуму, дБа, не більше                                    | 65   |
| 16 | Продуктивність   | до 20л/год                                       |

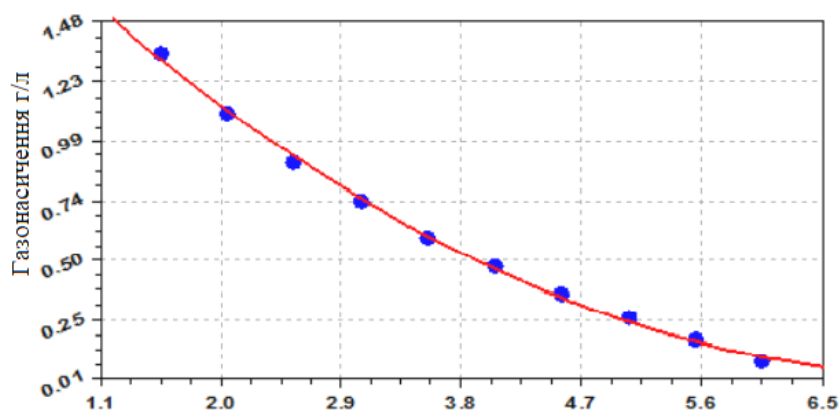
|           |      |             |        |      |  |                                 |      |         |
|-----------|------|-------------|--------|------|--|---------------------------------|------|---------|
|           |      |             |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>                         |                                 |      |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.    | Підпис | Дата |  |                                 |      |         |
| Розроб.   |      | Красовський |        |      | Принципова схема сатураційно-водоохолоджувальної установки | Літ.                            | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  |      | Цвіркун     |        |      |  |                                 | 1    | 52      |
| Н. Контр. |      | Омельченко  |        |      |  | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |      |         |
| Затверд.  |      | Цвіркун     |        |      |  |                                 |      |         |

### Додаток Е

Графік газовмісту води через 15 хвилин (тиск 2,4 атм)



Газовміст води (2,4 атм)

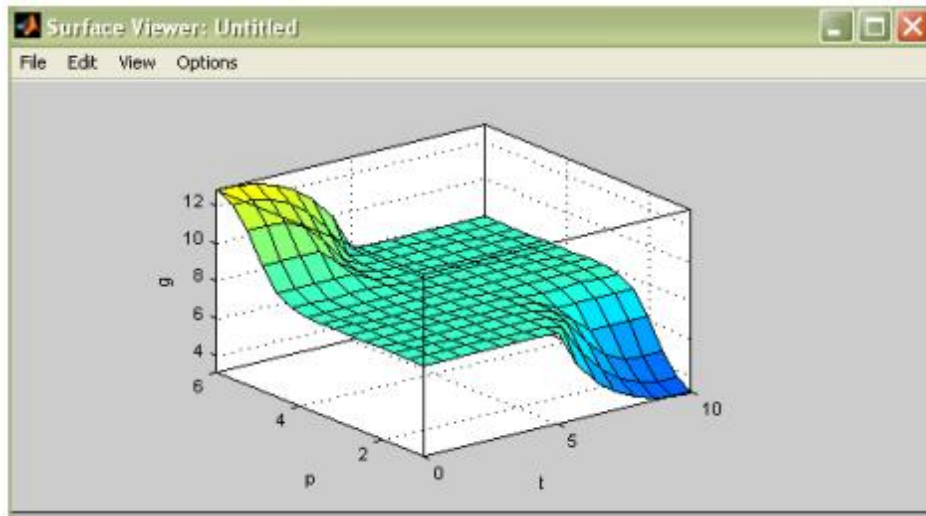


Газовміст води через 15 хвилин (тиск 2,4 атм)

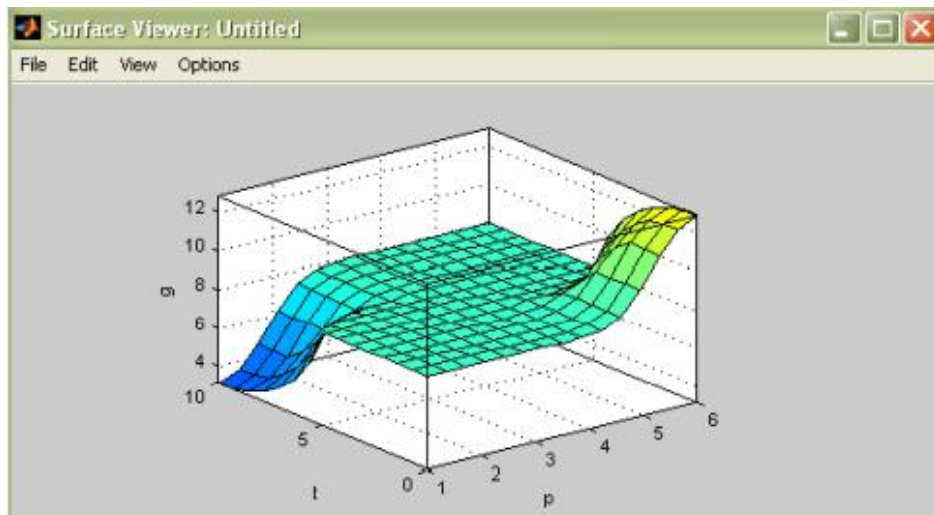
|  |      |             |                         |      |
|--|------|-------------|-------------------------|------|
| <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>                       |      |             |                         |      |
| Зм.  | Арк. | № докум.    | Підпис                  | Дата |
| Розроб.  |      | Красовський |                         |      |
| Перевір.   |      | Цвіркун     |                         |      |
| Н. Контр.  |      | Омельченко  |                         |      |
| Затверд.   |      | Цвіркун     |                         |      |
| Графік газовмісту води через<br>15 хвилин (тиск 2,4 атм) |      |             | Літ.                    | Арк. |
|  |      |             |                         | 1    |
|  |      |             | ДонНУЕТ<br>Кафедра ЗІДО |      |
|  |      |             | Аркушів                 | 52   |

## Додаток Є

### Залежність газотримання від температури та тиску



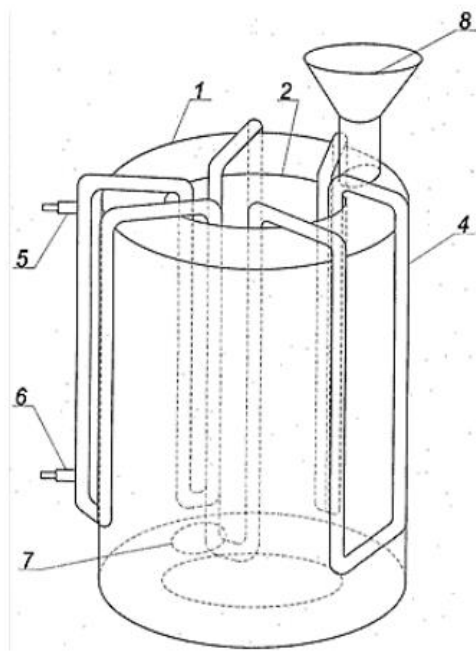
Залежність газотримання від температури



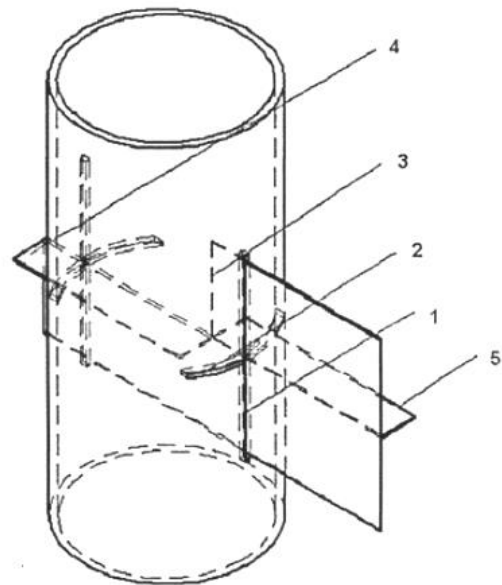
Залежність газотримання від тиску

|                  |                    |                 |               |             |  |                                 |             |                |
|------------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------|--|---------------------------------|-------------|----------------|
|                  |                    |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>               |                                 |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>        | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Залежність газотримання від температури та тиску | <i>Літ.</i>                     | <i>Арк.</i> | <i>Архувів</i> |
| <i>Розроб.</i>   | <i>Красовський</i> |                 |               |             |  |                                 | 1           | 52             |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Цвіркун</i>     |                 |               |             |  |                                 |             |                |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Омельченко</i>  |                 |               |             |  |                                 |             |                |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Цвіркун</i>     |                 |               |             |  |                                 |             |                |
|                  |                    |                 |               |             |  | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |             |                |

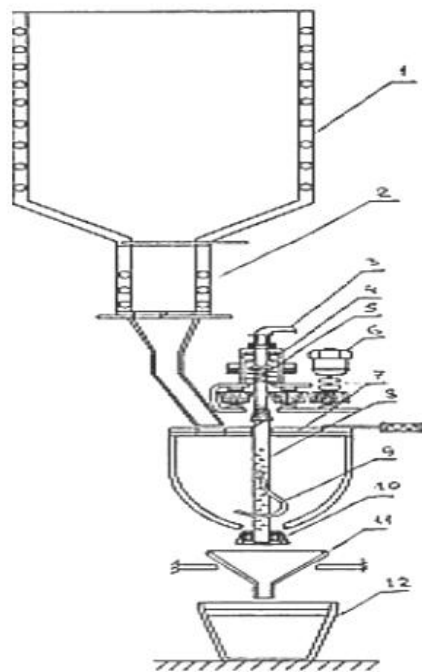
**Додаток Ж**  
Комплектація установки для виробництва газованих напоїв



Пристрій для короточасного зберігання плодів та фруктів



Пристрій для попереднього нарізування плодів



Пристрій для тонкого подрібнення фруктів та плодів

|           |             |          |        |      |   |      |         |
|-----------|-------------|----------|--------|------|---|------|---------|
|           |             |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-21м.2022.ПЗ</b>                      |      |         |
| Зм.       | Арк.        | № докум. | Підпис | Дата |   |      |         |
| Розроб.   | Красовський |          |        |      | Літ.  | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  | Цвіркун     |          |        |      |   | 1    | 52      |
| Н. Контр. | Омельченко  |          |        |      | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>                         |      |         |
| Затверд.  | Цвіркун     |          |        |      | Комплектація установки для виробництва газованих напоїв |      |         |