

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту

Завідувач кафедри

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Мирончук В.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 20__ р.

«___» _____ 20__ р.

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності **133 «Галузеве машинобудування»**
освітньо-професійної програми
Інжиніринг харчових виробництв
на тему:

**«Інтенсифікація процесу розливу води
шляхом модернізації розливного автомата типу «SE»»**

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗОХ-2-2М

Буйновський Станіслав Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Керівник: **Лементар Святослав Юрійович**
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг харчових виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Мирончук В.Г.

“ ___ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Буйновського Станіслава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Інтенсифікація процесу розливу води шляхом модернізації розливного автомата типу «SE»

керівник проекту (роботи) Лементар Святослав Юрійович, доц., кандидат тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2020 р. № 935-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021р.

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

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

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

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

Технологічна схема – 1 аркуш; Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 3 аркуші; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 3 аркуші.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 14.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	05.10.2020	
2	<i>Аналітичний огляд стану питання</i>	12.10.2020	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	20.10.2020	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	20.11.2020	
5	<i>Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>	25.11.2020	
6	<i>Розрахункова частина</i>	15.12.2020	
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	18.12.2020	
8	<i>Технологія машинобудування</i>	25.12.2020	
9	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>	02.01.2021	
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	09.01.2021	
11	<i>Заходи по охороні праці</i>	14.01.2021	
12	<i>Охорона довкілля</i>	17.01.2021	
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	25.01.2021	
14	<i>Висновки</i>	28.01.2021	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	30.01.2021	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.02.2021	

Здобувач

(підпис)

Буйновський С.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Лементар С.Ю.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Мета досліджень – знаходження раціональних конструкційних параметрів наповнювачів розливного автомату типу «SE»

Об'єктом дослідження є вплив конструкційних особливостей наповнювачів на продуктивність розливного автомату типу «SE» та якість продукції.

Предметом дослідження є конструкції наповнювачів розливних автоматів.

В роботі проаналізовано сучасний стан обладнання для проведення процесу розливу рідин в харчовій промисловості, проведено обґрунтування актуальності дослідження конструкційних параметрів наповнювачів, розроблена методика проведення експериментів та проведено дослідження роботи удосконаленого наповнювача з використанням програмного комплексу FlowVision. Також розроблено математично-статистичну модель залежності концентрації CO₂ в мінеральній воді від різних факторів.

Прогнозується, що впровадження запропонованого технічного рішення призведе до збільшення продуктивності даного обладнання з 8000 до 10000 пляш./год та підвищення якості продукції.

Ключові слова: розливний автомат, наповнювач, гідродинаміка.

Обсяг магістерської роботи – _____ сторінок.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Бірюновський С.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	18-2020.МР.14.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миранчук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Annotation

The purpose of research is finding rational design parameters of fillers of the filling machine type "SE".

The object of research is the influence of design features of fillers on the performance of the filling machine type "SE" and product quality.

The subject of research is the design of fillers for filling machines.

The paper analyzes the current state of equipment for the process of bottling liquids in the food industry, substantiates the relevance of the study of structural parameters of fillers, developed methods of experiments and completed a study of the improved filler using the software FlowVision. A mathematical and statistical model of the dependence of CO₂ concentration in mineral water on various factors has also been developed.

It is projected, that the implementation of the proposed technical solution will increase the productivity of this equipment from 8000 to 10000 bottles/h and improve product quality.

Key words: filling machine, filler, hydrodynamics.

The volume of the master's thesis is _____ pages.

Зміст

Анотація	
Зміст.....	
Вступ.....	
1. Аналітичний огляд стану питання	
2. Методика проведення досліджень	
3. Дослідна частина та узагальнення результатів	
4. Обґрунтування модернізації	
5. Устрій та принцип роботи модернізованого обладнання	
6. Розрахункова частина	
7. Підбір конструкційних матеріалів	
8. Технологія машинобудування	
9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	
10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування	
11. Заходи з охорони праці.....	
12. Охорона довкілля	
13. Маркетингове обґрунтування проекту	
Висновки	
Список використаних джерел.....	

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Бційновський С.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	18-2020.MP.14.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Миранчук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Вступ

В умовах ринкової економіки та стрімкого розвитку технологій до харчових продуктів встановлюються досить високі вимоги щодо якості, яка залежить від сировини, технології виготовлення та технологічного обладнання, що при цьому використовується. Тільки високоякісна продукція дає можливість успішно конкурувати, як на вітчизняному, так і на світовому ринках.

Головна задача розвитку господарства України полягає в тому, щоб забезпечити значний підйом матеріального і культурного рівня життя населення на основі стабільно високих темпів розвитку виробництва, підвищення його ефективності, науково-технічного прогресу і прискорення росту продуктивності праці. Для прискорення темпів науково-технічного прогресу необхідно створювати і впроваджувати в промисловість принципово нові знаряддя праці і прогресивні технологічні процеси, замінювати і модернізувати морально застаріле обладнання.

Ці задачі, поставлені, перед промисловістю повною мірою відносяться і до підприємств харчової промисловості. Основними напрямками технічної реконструкції харчової промисловості є розробка і впровадження безперервних методів, створення нової прогресивної техніки, механізація й автоматизація виробничих процесів.

На підприємствах харчової промисловості, у наукових установах і в навчальних закладах також систематично ведеться творча робота з розробки прогресивних методів технології і по створенню нових машин і апаратів. Робітники, інженери і техніки, працівники науки своєю творчою працею чимало сприяють технічному прогресові в даній галузі промисловості.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюновський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	18-2020.МР.14.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2	

Отже, випуск високоякісної харчової продукції можливий тільки за умов використання сучасного технологічного обладнання та технологій. Досягнення високих технічних показників у його роботі забезпечується добрим знанням фізико-хімічної суті процесів, які відбуваються на різних стадіях виробництва, особливостей конструкцій сучасного технологічного обладнання та прийомів раціональної його експлуатації. Це, в свою чергу, полегшує оцінку рівня досконалості обладнання, сприяє підвищенню його надійності та довговічності, забезпечує вибір раціональних режимів роботи.

1. Аналітичний огляд стану питання

1.1.Класифікація методів розливу та розливних машин

Для розливу рідин використовують різні методи наповнення пляшок, вибір яких залежить від заданих техніко-технологічних умов проведення процесу розливу і від властивостей рідини.

По методу розливу машини можна розділити на чотири основні групи: гравітаційні, ізобаричні, сифонні і вакуумні.

Гравітаційний метод характеризується витіканням рідини з дозатора або витратного бака тільки в полі дії гравітаційних сил (самоплив) при нормальному атмосферному тиску. По цьому методу розливають тихі рідини, що не містять легколетючих компонентів.

Ізобаричний метод також характеризується витіканням рідини з дозатора або з витратного бака тільки в полі дії гравітаційних сил, але при умові надлишкового тиску в дозаторі або у витратному баку і в наповнюваній тарі. По цьому методу розливають рідини насичені газами.

Розлив рідини під вакуумом допускає використання двох варіантів: якщо розрідження (вакуум) створюється тільки в тарі, то витікання рідини відбувається під дією різниці тиску у витратному баку (атмосферне) і в тарі (розрідження); якщо розрідження створюється в тарі і витратному баку, то витікання рідини відбувається в полі дії гравітаційних сил (самоплив).

Сифонні розливні пристрої працюють за принципом сифона. Будь-яким з названих чотирьох методів можна дозувати рідину за об'ємом або по рівню.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюновський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Аналітичний огляд</i> <i>стану питання</i>	18-2020.MP.14.001 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12

Вузол розливного автомата, що виконує операцію наповнення тари рідиною при будь-якому методу розливу, називається наповнювачем - розливним пристроєм. Всі наповнювачі можуть бути розділені на дозуючі апарати і розливні пристрої.

При наповненні тари за заданим обсягом застосовують дозуючі апарати - мірники, при наповненні по заданому рівню - розливні пристрої. У дозуючому розливному устаткуванні відбувається відмірювання певного об'єму (дози) рідини перед заповненням нею тари. Розливний пристрій наповнює тару до певного (заданого) рівня шляхом перекриття виходу повітря з тари. За способом перекриття рідини - відокремлення напірного бака з тарою - всі наповнювачі, що використовуються при розливі рідин, можна розділити на крани і клапани.

Точність дозування в межах заданого об'єму залежить як від конструктивних особливостей (діаметру циліндра дозатора, швидкості і глибини його занурення у рідину в напірному баку, чутливості поплавкової системи і т. д.), так і від умов експлуатації, основними з яких є: коливання при русі або відхилення від вертикальної осі циліндра ковшового дозатора в результаті зносу втулок тих, що направляють; перехоплення і заїдання в сальнику циліндра дозатора, внаслідок чого порушується меніск рідини на кромці циліндра дозатора; заїдання і перекося в поплавцевій системі живлення напірного бака рідиною, що приводить до різкого коливання рівня рідини в баку, а отже, і рівня рідини в повітряній трубці.

1. 2. Аналіз обладнання

Гравітаційні розливні машини.

Всі відомі автомати розливу незалежно від типу відносяться до машин ротаційного типу і складаються з наступних основних вузлів:

нерухомої станини з розташованими на ній вузлами автомата; бака, що обертається, для прийому рідини з розливними приладами або дозуючими апаратами та поплавковою системою, що підтримує при розливі постійний рівень рідини в баку; розподільного механізму, що забезпечує рівномірну і синхронну подачу тари під розлив і видалення її після наповнення; столу-ротора, що обертається, в більшості конструкцій з підйомними плунжерами (стіл знаходиться на загальному валу з баком, плунжери розташовані на одній осі з дозаторами і служать для підйому і опускання тари при розливі, в автоматах з розливними приладами, що переміщуються, плунжери відсутні); передавального механізму для приводу розливного столу, бака, що обертається, і всіх ланок розподільного механізму; електроприводу.

Розливний автомат Жукова

Прикладом даного типу обладнання може служити поширений в промисловості автомат Жукова (АЖ) і його модифікації: ЮМ, 17М, 19М.

Він відноситься до карусельних розливочних машин. Нерухома частина автомата – це пустотіла чавунна тумба, на якій закріплені вузли автомата. Всередині станини розташований привод, що складається із електродвигуна, ступінчастої ремінної передачі і черв'ячного редуктора. У верхній частині станини, по її периферії, на болтах укріплений кільцевий копір, по якому піднімаються і опускаються плунжери. У круглі отвори, розташовані по колу корпусу ротора з телескопічною стійкою, запресовано 12 гільз, які направляють штоки підйомних плунжерів. На нижніх кінцях штоків закріплені на осях три ролики, один з яких котиться по копіру, а два інших - по пазах гільз, напрямних. На верхніх кінцях штоків укріплені стакани, днища яких покриті гумовими прокладками.

Телескопічна стійка складається із зовнішньої труби, сполученої болтами з конусною частиною ротора, і внутрішньої труби, прикріпленої до днища напірного резервуару. За допомогою наявних у внутрішній трубі двох подовжніх прорізів і гвинта, пропущеного через гайку, а також двох конічних шестерень її можна переміщати по

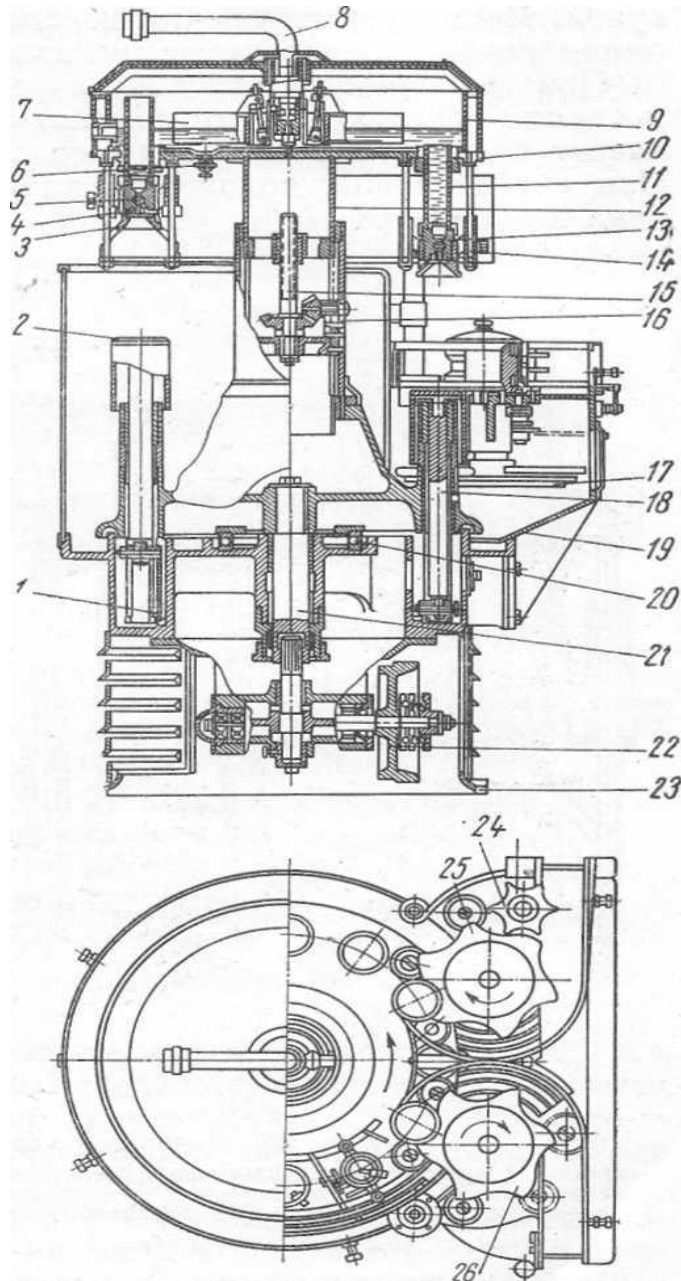


Рис. 1.1. Розливний автомат АЖ;

1 — копір; 2 — шток з піддоном; 3 — центратор; 4 — зливний сосок; 5 — корпус крана; 6 — кран; 7 — поплавок; 8 — труба; 9 — чаша; 10 — чавунне днище; 11 — дозуючий стакан; 12 — внутрішня труба; 13 — корпус крана; 14 — стойка; 15 — гвинт; 16 — отвір; 17 — резиновий ролик; 18 — шток; 19 — кронштейн; 20 — упорний шарикопідшипник; 21 — вал стола; 22 — фрикційна муфта; 23 — станина; 24 — відсікач; 25 — подаюча зірочка;

зовнішній трубі, тим самим піднімаючи або опускаючи напірний резервуар із стаканами, дозувань, залежно від висоти пляшки.

Стіл завантаження виконаний у вигляді литого чавунного кронштейна, прикріпленого болтами до лицьової сторони станини. На столі завантаження встановлені подаюча і знімаюча зірочки, які приводяться в рух від гільз підйомних столиків за допомогою цівочного зачеплення.

З правого боку столу встановлена відсікаюча зірочка, призначення якої зводиться до затримки пляшок на конвейєрі і пропусканню їх поодинці в отвори подаючої зірочки. При неправильному положенні пляшки на конвейєрі, наприклад при подачі її лежачи, автомат зупиняється.

Напірний резервуар має лите днище, знімну сталеву кришку і мідну обичайку, в якій розміщується рідина. Внутрішня поверхня резервуару покрита лудою. По колу днища резервуару розташовано 12 отворів для проходу стаканів. Для підтримки постійного рівня в резервуарі є поплавковий регулятор. У нижній частині він спирається на кульку, а у верхній проходить через сальник, укріплений в кришці резервуару. Двома регульовальними болтами поплавковий регулятор з'єднаний з порожнистим циліндровим золотниковим клапаном.

При зниженні рівня рідини в резервуарі поплавковий регулятор, а разом з ним і клапан опускаються і відкривають вікна золотника, через які рідина почне надходити в резервуар до наперед відрегульованого рівня. При певному положенні клапан перекриває вікна, тому подача припиниться.

Автомат ВАР-3

Автомат ВАР-3 є машиною карусельного типу, дозуючий рідину за об'ємом, з клапанним пристроєм розливного вузла.

Основні частини автомата наступні: нерухома основа, що включає опорну станину 11, на якій змонтований привід 1 і закріплений стіл завантаження 7. До станини кріпиться стійка 2, що служить опорою для трубопроводу з поплавковим регулятором рівня 4, і копір 9 механізму підйомних столиків.

Верхній кінець вертикального валу 10 жорстко пов'язаний з каруселлю, в яку входять: стіл з механізмом для підйому пляшок 8, опорна телескопічна труба 6 і витратний резервуар 3 з дозаторами 5. На столі завантаження розташована зірочка-відсікач і подаюча зірочка, яка приводиться в рух цівочним зачепленням від столу каруселі. Кінематика механізмів не відрізняється від відомих машин подібного типу.

Дозатор винесений за межі витратного резервуару і закріплений на диску каруселі, що полегшує доступ до нього для регулювання. Він складається з мірного стакана 4, припаяного до фланця 3 з різьбою для кріплення корпусу наповнювача 2. Мірний стакан має повітряну трубку 6 і витискач 5, яким регулюється точність дозування.

Витискач є латунним стрижнем, що переміщається в сальнику. До корпусу наповнювача припаяна трубка 7, що сполучає мірний стакан з витратним резервуаром. Усередині корпусу приладу розташована ковзна втулка 15, через яку рідина зливається з мірного стакана: переміщення втулки супроводжується відкриттям і закриттям клапанів.

На верхньому кінці втулки закріплений гумовий клапан 11, а на нижньому - насадка 13 і що центрує дзвоник 14.

Внутрішня порожнина корпусу наповнювача розділена еластичною мембраною 1, у якої зовнішній контур притиснутий до корпусу гайкою 17, а внутрішній - скріплює рухомим сідлом клапана 12. Сідло клапана переміщається з втулкою 16 в гайці 17.

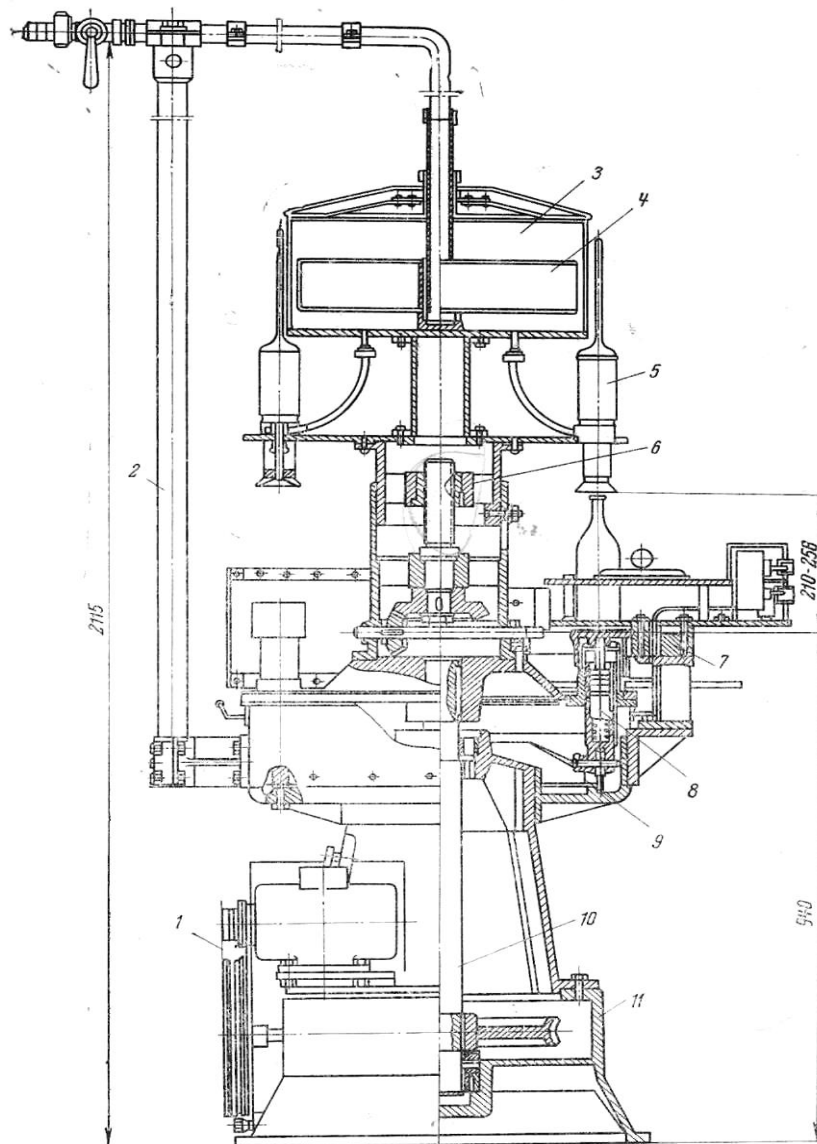


Рис.1.2. Розливний автомат ВАР-3.

1-пасова передача, 2-кріплення корпусу наповнювача, 3-резервуар, 4-поплавок, 5-дозатор, 6-опорна телескопічна труба, 7-стіл завантаження, 8-механізм для підйому пляшок.

Наповнювальний вузол працює наступним чином. За відсутності пляшки під наповнювачем від тиску пружин 8 і 9 обидва клапани знаходяться в нижньому положенні, при цьому клапан 11 закриває отвір для зливу рідини з мірного стакана, а клапан 12 відкриває щілину для надходження рідини -із витратного резервуару по трубці 7 в

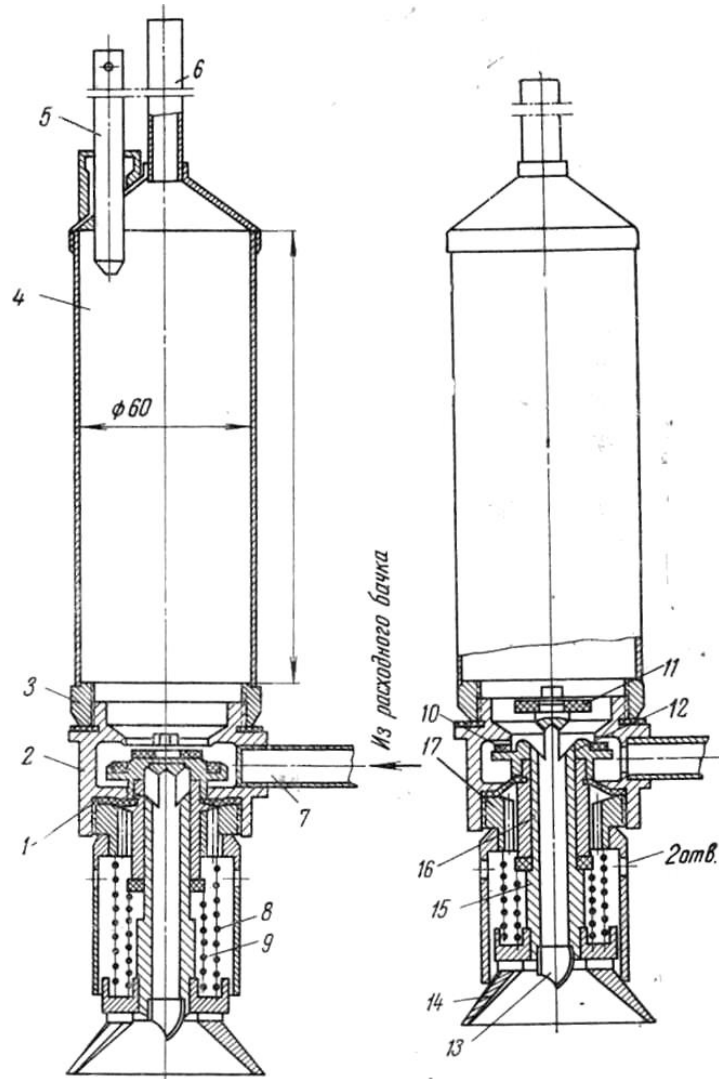


Рис.1.3. Дозуючий пристрій автомата ВАР-3

1-еластична мембрана,2-корпус наповнювача,3-фланець,4-мірний стакан,5-витискач,6-повітряна трубка,7-трубка,8,9-пружили,10,11,12-клапани,11

мірний стакан. Рідина ллється в стакан до тих пір, поки рівень її в повітряній трубці не порівнюється з рівнем рідини у витратному резервуарі, як в сполучених посудинах. Пляшка при підйомі столика упирається в центруючий елемент 14, піднімає його і скріплену з ним зливну втулку 15, яка послідовно захоплює з собою клапан 12 і 10. Коли клапан 12 перекриває отвір мірного стакана, ізолюючи його від порожнини витратного резервуару, при подальшому пересуванні пляшки вгору починає переміщатися клапан 11, який відкриває щілину для зливу рідини із стакана в пляшку.

При опусканні наповненої пляшки пружини 8 і 9 повертають обидва клапани і центруючий елемент в початкове положення і цикл повторюється.

1.3 Нові технічні рішення

При запропонованій нами модернізації наповнювача в даній машині ми частково враховували також технічні рішення чеської компанії NATE. Інженери запропонували встановити в розподільнику систему відбору залишкового газу, а подачу цього газу (рідини) зробити через гідро- або пневмоциліндр .



Рис. 1.4. Вид на карусель та наповнювачі збоку
(зліва ополіскувач пляшок, з правого боку карусель розливу)



Рис. 1.5. Процес наповнення пляшок

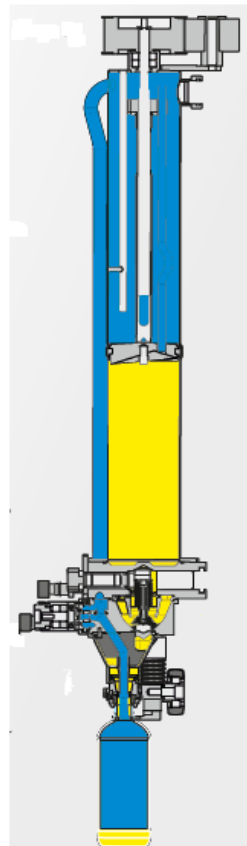


Рис. 1.6. Наповнювач компанії NATE (має 2 впускні клапани)

Сучасні методи наповнення пляшок рідиною

Метод розливу: розлив з дозуванням по обсягу з витратоміром. Після створення тиску в пляшці напій надходить в клапан через трубку, на якій встановлено індуктивний витратомір, який вимірює кількість протікаючої рідини і передає імпульси системі управління клапана.

Після реєстрації відповідної кількості імпульсів (обсягу) витратомір закриває розливний клапан. Рідина наливається в пляшку по стінці, під час наповнення повітря виходить з пляшки і не надходить в резервуар.

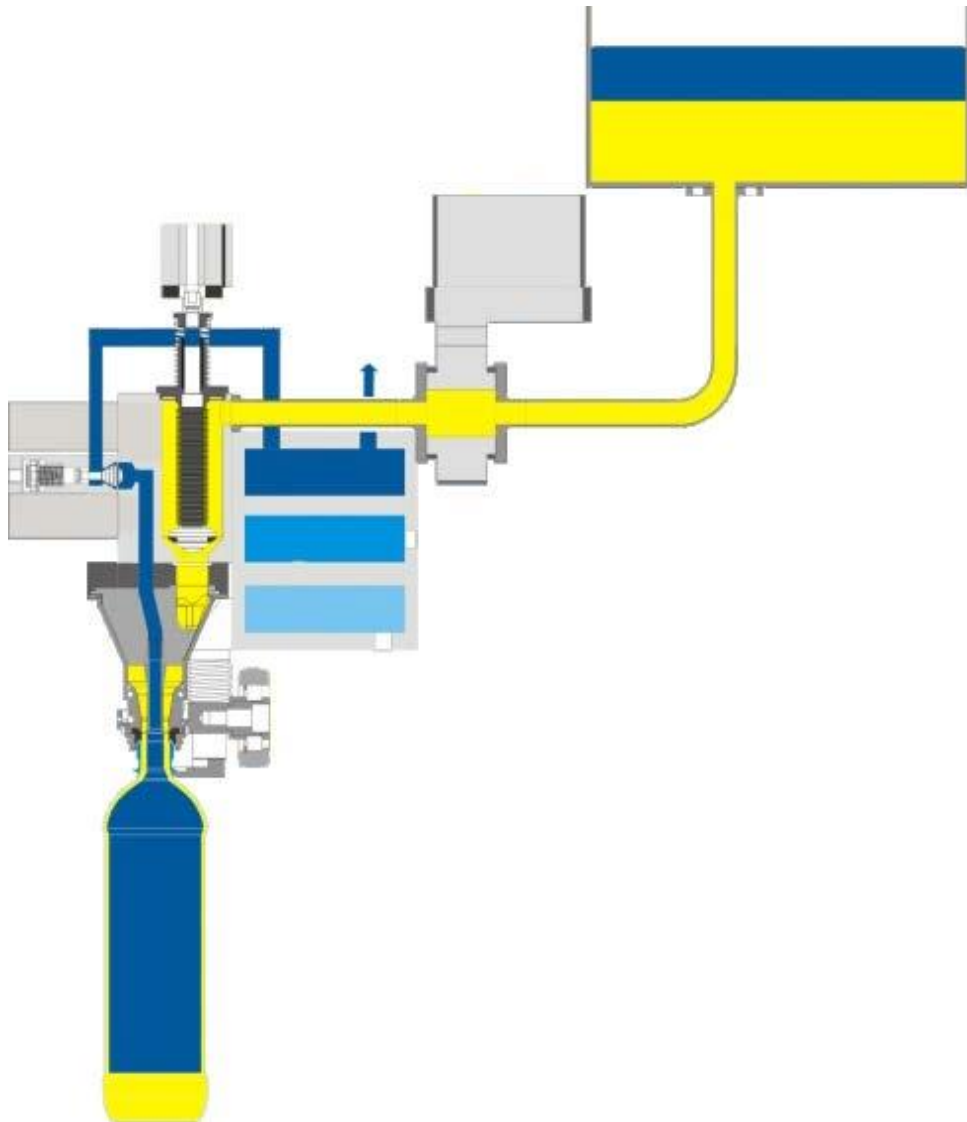


Рис.1.7. Схема розливу води розливним механізмом з укороченою вхідною трубкою

Метод розливу: Розлив з дозуванням по обсягу з витратоміром.

Після входу пляшки в розливну машину відбувається промивка пляшки CO₂, повітря відводиться за межі резервуара розливної машини. Далі йде подача тиску в пляшку. Напій надходить в клапан трубою, оснащеною індуктивним витратоміром, який зчитує витрати рідини, і передає імпульси системі управління клапаном. Той після реєстрації відповідної кількості імпульсів (обсягу) закриває впускний клапан. Рідина втікає в пляшку впускною трубою, починаючи від дна.

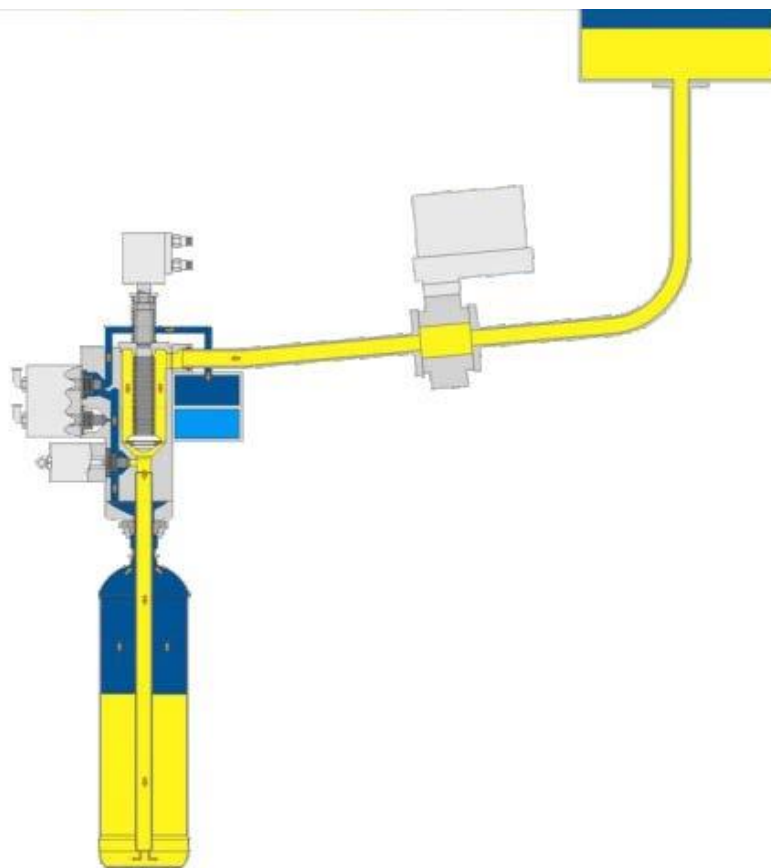


Рис.1.8. Схема розливу води з подовженою вхідною трубою

Отже, на сучасному ринку представлена значна кількість високоефективного розливного обладнання, яке може працювати з великим спектром рідин і умов наповнення. Також існують декілька основних схем наповнення рідиною тари, вони мають свої переваги та недоліки і тому завжди є можливість удосконалити певні вузли розливного обладнання для підвищення його ефективності.

2. Методика проведення досліджень

Метою проведення дослідження є перевірка доцільності модернізації машини для розливу води шляхом удосконалення пристрою для наповнення. Для моделювання процесів в даному проекті ми обрали програмний комплекс тривимірного моделювання потоків FlowVision, який дозволить більш детально дослідити процеси, що відбуваються у наповнювачі та пляшці.

Програмний комплекс Flow Vision призначено для моделювання та дослідження течії рідини чи газу в технічних і природних об'єктах, а також візуалізації результатів методами комп'ютерної графіки.

Flow Vision вирішує проблему моделювання гідродинаміки потоків в різних технічних і природних об'єктах. Основною задачею є чисельне розв'язання рівнянь, які описують динаміку потоку рідини. Додатково враховуються різні фізико-хімічні ефекти: турбулентність або інші потоки в середовищі.

Створення проекту

1. Створюємо геометричну модель в CAD - програми або безпосередньо у FlowVision за допомогою стандартних об'єктів.
2. Імпортуємо / компонуємо геометрію у FlowVision, не забуваючи про перевірку на самоперетинання.
3. У загальних установах задаємо опорні величини тиску і температури, враховуємо g і гідростатику (якщо цього вимагає постановка завдання).
4. Створюємо речовини і вказуємо їх властивості.
5. Створюємо фази і вказуємо, які рівняння будуть вирішуватися в рамках даного розрахунку.
6. Створюємо моделі - взаємодії кількох фаз. Тут же не забуваємо про початкові умови.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюновський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Методика проведення досліджень</i>	18-2020.MP.14.002 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/10

7. Надаємо підобласті відповідні моделі і створюємо необхідні граничні умови і модифікатори.
8. Надаємо створені граничні умови, модифікатори і початкові умови геометричної моделі для кожної розрахункової підобласті.
9. При необхідності задаємо умови зв'язку для пов'язаних кордонів.
10. Задаємо параметри початкової сітки, використовуємо адаптацію.
11. У вкладці Солвер задаємо крок за часом.
12. Задаємо обмежувачі для розрахунку.
13. Налаштовуємо збереження проекту, включаємо історію даних і шарів.
14. Створюємо характеристики і налаштовуємо виведення шуканих величин у вікно моніторингу (сили, витрати та ін.).
15. Налаштовуємо контроль за максимальними / мінімальне значеннями характерних фізичних величин (швидкість, тиск, температура і ін.).
16. Налаштовуємо візуалізацію (кольорові контури, графіки, сітку, лінії струму і ін.) Весь список доступних для візуалізації шарів - в документації.
17. Запускаємо проект на розрахунок

Після запуску на розрахунок:

1. Контролюємо результати в процесі розрахунку за графіками за допомогою Модуля перегляду результатів.

2. Аналізуємо рішення або проблеми з допомогою даних з характеристик.

У разі аномальних значень визначаємо координати осередків з аномальними величинами. Можливі шляхи вирішення: або адаптуємо сітку в цій області, або зменшуємо крок за часом, або звертаємося в технічну підтримку. Якщо все добре - переходимо до наступного пункту.

Обробка результатів розрахунку:

1. Створення картинок і відео - по fvvis файлів в Модулі перегляду результатів.

2. Створення графіків - в Excel (попередньо зберігаємо характеристики і шари в glo).

Створюємо геометричну модель:

З допомогою FLOWVISION

Створити геометрію для вашого проекту ви можете в FlowVision, як зовнішню підобласть, так і об'єкти обтікання. В папці Об'єкти ви знайдете стандартні об'єкти - паралелепіпед, сферу, конус, циліндр, і на їх основі створити цікаві модифікації (сектор, багатокутник, порожнисті циліндри і конуси і ін.).

В CAD-ПРОГРАМІ

Якщо створюємо геометричну модель в CAD-програмі (SolidWorks, NX, AutoCAD 3D і т.д.), то пам'ятаємо про спрощення геометричної моделі. Якщо вплив на обтікання будь-яких маленьких деталей не суттєвий, то видаляємо їх, намагаючись спростити модель до найпростіших форм. Інакше доведеться ретельно вирішувати питання з сіткою всіх маленьких елементів. Після створення геометрії експортуємо її з CAD в форматі STL або WRL.

Відзначимо два важливих моменти:

Одиниці виміру довжини під FlowVision - метри.

У той час як створення моделі в CAD може відбуватися, зазвичай, в міліметрах. І при побудові геометричної моделі та її експорті з CAD треба пам'ятати, що FlowVision працює з метрами [м].

На якість рішення FlowVision впливає точність представлення геометрії з CAD.

При експорті моделі з CAD кожна поверхня геометричної моделі представляється у вигляді набору трикутників - фасеток (побачити їх можна, натиснувши на кнопку каркас на панелі управління в ППП). Чим більше

фасеток повторюють геометрію моделі, тим більш точне рішення виходить в результаті. На грубому ж стику фасеток можуть утворюватися скачки, які негативно впливають на розрахунок. Точність фасетного уявлення геометрії задається в настройках експорту в CAD програмі.

Імпортуємо геометрії в FLOWVISION:

Можливі чотири варіанти імпорту:

через вкладку Геометрія;

у вкладці Препроцесор: Регіон> Додати геометрію;

у вкладці Препроцесор: Об'єкти> Створити імпортований об'єкт> Інтеграція в основну геометрію;

використовуючи в ППП Файл> Створити збірку (якщо в проекті кілька областей з різними властивостями).

Не забуваємо про вимоги до розрахункової геометричної моделі.

Перевірка на самоперетини.

Обов'язковий пункт! Як його виконати: правий клік мишкою по регіону або імпортованому об'єкту> перевірити геометрію на самоперетини. Якщо раптом FlowVision виявив самоперетини, то спробуйте їх "вилікувати" за допомогою опції виправити самоперетинів. Але якщо і це не допомогло, то вивчіть вимоги до геометрії і повторіть побудову геометрії в CAD заново (або, як варіант вирішення, змініть точність експортованої геометрії).

Запускати розрахунок з самоперетинами не можна. Навіть якщо проект завантажується, то при адаптації виникне момент, коли сітка не зможе побудуватися через проблемну геометрії. Розрахунок припиниться і його вже не можна буде продовжити без виправлення геометрії.

Задання загальних установок

В папці загальні установки задаються:

- опорні величини - вони не повинні бути нульовими.

- вектор гравітації - якщо модельований фізичний процес відбувається в природному полі тяжіння, то сміливо задавайте вектор гравітації. Не забувайте про напрямок - завжди визначаються відповідними осей абсолютної системи координат (в лівому нижньому кутку вікна ППП). Під обертових і симетричних постановках потрібно стежити за напрямком вектора гравітації - він може бути направлений або по осі обертання, або уздовж площини симетрії.
- g-Точка, g-Щільність, Шар - для завдання гідростатики. Використовуються для завдання гідростатичного стовпа рідини або газу у випадках, коли його значення великі (рівень океану для корабельних завдань), або потрібна підвищена точність (для моделювання природної конвекції газу).

РЕЧОВИНИ

У речовинах можна знехтувати їх стискуємістю: задайте густину константою для малого дозвукового обтікання.

Задати речовину можна трьома різними способами.

- вибрати її агрегатний стан і задати всі фізичні властивості в ручному режимі. При моделюванні надзвукових процесів в газах або деформації неньютоновських рідин важливо задати властивості речовин у вигляді залежності від температури або тиску за допомогою редактора формул.
- скористатися стандартною базою речовин FlowVision і вибрати речовина зі списку: Речовина> Завантажити з БВ> Стандартна.
- використовувати власну, призначену для користувача базу речовин: редагувати стандартну базу речовин FlowVision (для опису особливих властивостей вже існуючих речовин), або створити її з нуля (для завдання речовин з властивостями, яких немає в базі FlowVision).

ФАЗИ

У фазах задаються всі рівняння, що описують модельовані фізичні процеси. На даний момент у FlowVision реалізовано три типи фаз: суцільна

(для моделювання течії суцільних середовищ), частки (для моделювання процесів в дисперсній фазі) і каркас (для моделювання пористих середовищ).

У проекті може бути кілька фаз одночасно, наприклад:

- суцільна (повітря) + суцільна (вода) для моделювання струменів і хвиль у зовнішній повітряному середовищі;
- суцільна (повітря) + частинки (аерозоль) для моделювання розпилення;
- суцільна (вода) + каркас (трубчастий провідник) для моделювання пористості.

Для кожної фази задаються і вирішуються фізичні рівняння: руху, турбулентності, теплоперенесення, випромінювання, масоперенесення і т.д.

Насправді, в кожному фізичному процесі користувачеві доступно ще й зміну всіх налаштувань. Так можна налаштувати модель "під себе", але краще робити це з розумом.

МОДЕЛІ

У моделі задається взаємодія між фазами. Тут визначається той "+", який наводиться для прикладів наявності декількох фаз в розрахунку: суцільна + суцільна і т.д. Якщо у проекті тільки одна фаза, то і модель буде складатися з однієї фази.

У моделі можна включити модель зазору (якщо це необхідно для вашого завдання) і задати початкові дані. Початкових даних може бути кілька і застосовуються вони в різних геометричних об'єктах. Ставлячи початкові дані в проекті, ви підвищуєте стабільність розрахунку в початковий момент часу і пришвидшуєте вихід на стаціонарне рішення. Ось кілька стандартних прийомів, як правильно поставити ПУ в проекті для прискорення процесу отримання стаціонарного рішення:

- задаємо величину швидкості (не залишаємо нульову швидкість!) У всьому обсязі розрахункової області при моделюванні течії;
- задаємо ПУ параметрів гальмування на поверхні обтічних тіл - це особливо актуально для надзвукових розрахунків;

- задаємо початковий обсяг рідини через ПУ в двофазних завданнях.
Нагадаємо, що початкові дані задаються щодо опорних величин.

ПІДОБЛАСТІ

Тепер переходимо в підобласті і насамперед присвоюємо у вікні властивостей всіх існуючих підобластей Модель = Модель #, створена раніше в папці моделі. Розглянемо докладніше настройки проекту, які призначаються в папці підобласті.

ГРАНИЧНІ УМОВИ

У граничних умовах вибирається тип граничного умови (ГУ) - стінка, вхід / вихід, симетрія і т.д. і задаються способи визначення параметрів процесу (швидкість, температура і т.д).

Для різних класів задач застосовуються різні ГУ входу / виходу.

ГЕОМЕТРІЯ

У вкладці геометрія кожної геометричній поверхні присвоюється створене гранична умова. Розглянемо рішення найголовніших питань від наших користувачів:

Якщо геометрична модель не розділена на групи і підсвічується єдиним цілим -> перейдіть в налаштування ППП (Файл> Налаштування) і виберіть Відображати всі групи = Так.

Якщо необхідно виділити частину поверхні (для завдання іншого ГУ або створення супегрупи), то розбити геометрію можна за допомогою її перегрупування (Регіон - Поверхня #> перегрупуватися). Відзначимо відразу, що чим менший кут відхилення задається, тим на більшу кількість груп розділиться поверхню.

Присвоїти гранична умова групі (або всьому регіону) можна за допомогою правого кліка миші по вибраній геометричній поверхні в дереві проекту. Далі виберіть гранична умова зі списку створених ГУ.

МОДИФІКАТОРИ

Модифікатор - це інструмент FlowVision, що генерує фізичні процеси, в осередку. Моделюєте пористі середовища - використовуйте модифікатор анізотропного опору; електричні прилади - в FV є модифікатори зовнішнього електричного струму і магнітного поля.

Найпопулярнішим по використанню модифікатором є рухоме тіло. Рухоме тіло задається на імпортовану об'єкті для вставки його в розрахункову область. Якщо у властивостях модифікатора рухомого тіла не задані швидкості руху або зовнішні сили / моменти, то імпортований об'єкт нерухомий, тобто зафіксований в розрахунковій області. Саме так реалізується принцип оборотності аеродинаміки у FlowVision.

РОЗРАХУНКОВА СІТКА

Розрахункова сітка визначається в першу чергу початковою сіткою і застосовуваними до неї далі адаптаціями. Взагалі, від якості розрахункової сітки залежить 80% успіху розрахунку.

Якщо потік спрямований уздовж сіткових ліній, то осередки можна задавати і витягнутими (рекомендоване відношення сторін осередку менше 10). На віддалених кордонах розрахункової області осередки можуть бути ще більш витягнуті - з відношенням сторін до 1000.

Для роботи на локальній машині можна максимально укрупнити початкову сітку і використовувати адаптацію високого рівня. А ось при проведенні паралельного розрахунку на кількох процесорах (кластер, багатопроцесорний запуск) рекомендуємо максимально подрібнити розрахункову область початковою сіткою і використовувати адаптацію до 5-6 рівня, так як розпаралелювання по процесорам відбувається саме по початковій сітці.

АВТОЗБЕРЕЖЕННЯ ДАНИХ / ШАРІВ

Для налагодження проекту важливо зберегти проміжні кроки розрахунку, щоб продовжити розрахунок з проміжного моменту, видаливши

непотрібні дані, або повернутися до якогось моменту моделювання. Це реалізується шляхом збереження історії даних (Солвер> Автоматичне збереження даних> Історія = Так). Якщо історію не включити, то результати розрахунку перезаписуватимуть із заданою вами періодичністю по кроку або за часом. Історія збереження шарів застосовується в основному для візуалізації процесу в модулі перегляду результатів і не займає великої кількості місця в пам'яті комп'ютера.

Можна зберігати ще значення характеристик і шарів з вкладки постпроцесор. Дані зберігаються в glo файл, який потім відкривається в Excel.

ВИВЕДЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ В ВІКНО МОНІТОРИНГУ

Критерій зупинки може використовуватися не тільки за призначенням - для зупинки розрахунку в визначений момент, але і для моніторингу за рішенням за допомогою графіків. Це можуть бути витрати, тиску в характерних точках, а також сили і швидкості.

У вікно моніторингу можна виводити і складові параметри, які обчислюються по призначених для користувача формулами, створених за допомогою редактора формул.

Для налагодження проекту рекомендується виводити в вікно моніторингу максимальні значення величин (а іноді і мінімальні). Дуже часто процес розвалу рішення починається задовго до того, як відбувається фактичне падіння рішення проекту. Індикаторами початку аномальних процесів, які віщують розвал, є скачки максимальних величин характерних параметрів: температури, тиску або швидкості. Якщо скачок був одиничним (на один два кроки), то це можна віднести на чисельну незбіжність і продовжити рішення. Але, якщо максимальні величини мають постійні аномальні значення - треба аналізувати причину (вхідні дані, якість геометрії, якість сітки, крок за часом).

Отже, щоб контролювати хід вирішення, необхідно створити мітку по характерному для модельованого процесу параметру. Це може бути температура для модельовання теплових процесів або швидкість і тиск для модельовання течії. Далі, у вкладці Солвер> Умови зупинки> Користувальницькі величини створюємо критерій зупинки, вибравши в якості об'єкта створену характеристику, а в якості змінної - "Максимум". Далі йде запуск проекту на розрахунок.

3. Дослідна частина та узагальнення результатів

3.1. Розроблення математично-статистичної моделі залежності концентрації CO₂ в мінеральній воді від різних факторів.

Вибір виду функції

Істинний вид функції для визначення концентрації діоксиду вуглецю в рідині під час процесу кавітаційного насичення невідомий, оскільки невідомі зв'язки між вхідними та вихідними параметрами, тобто маємо модель «чорного ящика» (рис.3.1).



Рис. 3.1. Модель «чорного ящика»

З попереднього дослідження по вивченню впливу основних та додаткових факторів на процес насичення напоїв було визначено найбільш впливові: питомі витрати CO₂ на насичення, розрідження при дегазації води; температура напоїв під час насичення та склад напоїв. Рівні змін значень факторів було обрано, виходячи з практики виробництва напоїв.

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$C = f(D_{CO_2}, P''', t),$$

де C – концентрація діоксиду вуглецю, % мас.; D_{CO_2} – питомі витрати CO₂ на насичення, г/дм³; P''' – розрідження при деаерації води, МПа; t – температура напою, °С.

За результатами експерименту маємо отримати рівняння регресії – поліном n -го порядку з подвійними зв'язками:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3,$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ – коефіцієнти регресії.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лементар С. Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бірюновський С.О.	Назва, додаткова назва		18-2020.MP.14.003 ПЗ			
	Документ затверджено Миранчук В. Г.	Дослідна частина та узагальнення результатів		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/23

Для проведення досліджень складаємо план з відповідними матрицями планування експерименту із визначенням числа дослідів та меж зміни факторів.

Найбільш надійними є матриці повного факторного експерименту (ПФЕ), в яких досліджувані фактори змінюються лише на 2-х рівнях: верхньому та нижньому. Методика ПФЕ є загальновідомою.

Побудова плану активного експерименту

Визначивши найбільш впливові фактори на процес насичення газованих напоїв, вибираємо рівні та крок їх зміни (табл.3.1).

Таблиця 3.1

Рівні та крок варіювання

<i>Показник/параметр</i>	<i>D_{CO_2}, г/дм³</i>	<i>P'', МПа</i>	<i>t, °С</i>
Нульовий рівень	7,0	0,085	8,0
Верхній рівень	9,0	0,1	12,0
Нижній рівень	5,0	0,07	4,0
Інтервал варіювання	2,0	0,015	4,0

Складаємо матрицю плану активного експерименту (табл.3.2).

Таблиця 3.2

Матриця плану активного експерименту

<i>№ дослідю</i>	<i>Z_0</i>	<i>Z_1</i>	<i>Z_2</i>	<i>Z_3</i>	<i>$Z_1 \cdot Z_2$</i>	<i>$Z_1 \cdot Z_3$</i>	<i>$Z_2 \cdot Z_3$</i>	<i>$Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3$</i>
1	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	-	+	+	-	-	+	-
3	+	+	-	+	-	+	-	-
4	+	-	-	+	+	-	-	+
5	+	+	+	-	+	-	-	-

<i>№ досліду</i>	z_0	z_1	z_2	z_3	$z_1 \cdot z_2$	$z_1 \cdot z_3$	$z_2 \cdot z_3$	$z_1 \cdot z_2 \cdot z_3$
6	+	-	+	-	-	+	-	+
7	+	+	-	-	-	-	+	+
8	+	-	-	-	+	+	+	-

У таблиці 3.3 наведено результати, отримані під час експериментів [1].

Таблиця 3.3

Результати експериментів для мінеральної води

<i>Номер/результат експерименту</i>	$y_1, \% \text{ мас.}$	$y_2, \% \text{ мас.}$	$y_3, \% \text{ мас.}$	$\bar{y}, \% \text{ мас.}$
1	0,76	0,76	0,79	0,77
2	0,40	0,42	0,41	0,41
3	0,80	0,82	0,84	0,82
4	0,48	0,44	0,46	0,46
5	0,83	0,84	0,82	0,83
6	0,46	0,48	0,47	0,47
7	0,86	0,89	0,89	0,88
8	0,50	0,52	0,54	0,52

Обробка експериментальних даних

Перевіримо однорідність дисперсій середніх значень за цим експериментом, іншими словами, перевіримо відтворюваність дослідних даних. Для цього оцінимо похибку досліду.

Визначаємо дисперсію паралельних дослідів для кожного рядка матриці плану за формулою:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{k=1}^m (y_{uk} - \bar{y}_u)^2,$$

де m – кількість паралельних дослідів; k – поточний номер паралельного

дослідю.

Для мінеральної води:

$$S_1^2 = 0,5 \cdot ((0,76 - 0,77)^2 + (0,76 - 0,77)^2 + (0,79 - 0,77)^2) = 0,0003;$$

$$S_2^2 = 0,5 \cdot ((0,40 - 0,41)^2 + (0,42 - 0,41)^2 + (0,41 - 0,41)^2) = 0,0001;$$

$$S_3^2 = 0,5 \cdot ((0,80 - 0,82)^2 + (0,82 - 0,82)^2 + (0,84 - 0,82)^2) = 0,0004;$$

$$S_4^2 = 0,5 \cdot ((0,48 - 0,46)^2 + (0,44 - 0,46)^2 + (0,46 - 0,46)^2) = 0,0004;$$

$$S_5^2 = 0,5 \cdot ((0,83 - 0,83)^2 + (0,84 - 0,83)^2 + (0,82 - 0,83)^2) = 0,0001;$$

$$S_6^2 = 0,5 \cdot ((0,46 - 0,47)^2 + (0,48 - 0,47)^2 + (0,47 - 0,47)^2) = 0,0001;$$

$$S_7^2 = 0,5 \cdot ((0,86 - 0,88)^2 + (0,89 - 0,88)^2 + (0,89 - 0,88)^2) = 0,0003;$$

$$S_8^2 = 0,5 \cdot ((0,50 - 0,52)^2 + (0,52 - 0,52)^2 + (0,54 - 0,52)^2) = 0,0004;$$

Розрахуємо критерій Кохрена, для перевірки однорідності дисперсії за найбільшою рядковою дисперсією по формулі:

$$G_{pmax} = \frac{S_{u_{max}}^2}{\sum_{u=1}^N S_u^2},$$

де $S_{u_{max}}^2$ – найбільше значення рядкової дисперсії.

Тоді для мінеральної води критерій Кохрена буде мати значення:

$$G_{pmax} = \frac{0,0004}{0,0020} = 0,20.$$

Визначаємо критичне значення критерія Кохрена за таблицями при ступенях вільності f_1, f_2 :

$$f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2;$$

$$f_2 = N = 8;$$

Приймаємо рівень значущості $\alpha = 0,05$ (5%).

З таблиці знаходимо, що $G_{кр} = 0,516$, тобто виконується умова:

$$G_{pmax} < G_{кр}: 0,20 < 0,516,$$

Оскільки $G_{p_{max}} < G_{кр}$, то отримані дані є відтворювальними, а дисперсії однорідні. Тоді усереднюємо рядкові дисперсії і знаходимо дисперсію відтворення для мінеральної води:

$$S_0^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{u=1}^N S_u^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,0020 = 0,00025,$$

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії

Очевидно, що один з факторів буде більше впливати на зміну стану системи, ніж інший фактор. Тому, потрібно на основі результатів досліджень визначити коефіцієнти лінійної регресії, провести оцінку їх значущості і перевірити адекватність отриманої моделі.

Розрахуємо коефіцієнти рівняння регресії за формулою:

$$b_{ij} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{u=1}^N x_i \cdot x_j \cdot \bar{y}_u.$$

Для мінеральної води:

$$\begin{aligned} b_0 &= 0,125 \cdot (0,77 + 0,41 + 0,82 + 0,46 + 0,83 + 0,47 + 0,88 + 0,52) = 0,645; \\ b_1 &= 0,125 \cdot (0,77 - 0,41 + 0,82 - 0,46 + 0,83 - 0,47 + 0,88 - 0,52) = 0,180; \\ b_2 &= 0,125 \cdot (0,77 + 0,41 - 0,82 - 0,46 + 0,83 + 0,47 - 0,88 - 0,52) = -0,025; \\ b_3 &= 0,125 \cdot (0,77 + 0,41 + 0,82 + 0,46 - 0,83 - 0,47 - 0,88 - 0,52) = -0,030; \\ b_{12} &= 0,125 \cdot (0,77 - 0,41 - 0,82 + 0,46 + 0,83 - 0,47 - 0,88 + 0,52) = 0; \\ b_{13} &= 0,125 \cdot (0,77 - 0,41 + 0,82 - 0,46 - 0,83 + 0,47 - 0,88 + 0,52) = 0; \\ b_{23} &= 0,125 \cdot (0,77 + 0,41 - 0,82 - 0,46 - 0,83 - 0,47 + 0,88 + 0,52) = 0; \\ b_{123} &= 0,125 \cdot (0,77 - 0,41 - 0,82 + 0,46 - 0,83 + 0,47 + 0,88 - 0,52) = 0. \end{aligned}$$

Проведемо оцінку коефіцієнтів регресії. Для цього визначимо дисперсію коефіцієнтів:

для мінеральної води:

$$S_{bi}^2 = \frac{S_0^2}{N \cdot m} = \frac{0,00025}{8 \cdot 3} = 0,00001,$$

Розраховуємо відхилення для кожного з коефіцієнтів:

для мінеральної води:

$$\Delta b_i = \pm S_{b_i} \cdot t = \pm t_{kp} \cdot \sqrt{S_0^2} = \pm 2,120 \cdot \sqrt{0,00001} = \pm 0,0067,$$

Знаходимо табличний критерій Стьюдента t_{kp} при рівні значущості $\alpha = 0,05$ та ступені вільності: $f = N \cdot (m - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16$, $t_{kp} = 2,120$.

Знаходимо розрахунковий критерій Стьюдента для кожного коефіцієнта за формулою:

$$t_{b_i} = \frac{|b_i|}{S_{b_i}},$$

де b_i – значення коефіцієнтів рівняння регресії.

Для мінеральної води:

$$t_{b_0} = \frac{0,645}{\sqrt{0,00001}} = 204; t_{b_1} = \frac{0,180}{\sqrt{0,00001}} = 57; t_{b_2} = \frac{0,025}{\sqrt{0,00001}} = 7,9;$$

$$t_{b_3} = \frac{0,030}{\sqrt{0,00001}} = 9,5;$$

$$t_{b_{12}} = 0; t_{b_{13}} = 0; t_{b_{23}} = 0; t_{b_{123}} = 0.$$

Перевіряємо умову значущості коефіцієнтів рівняння регресії за умовою:

$$t_{b_i} > t_{kp},$$

де t_{kp} – табличне значення критерія Стьюдента з числом ступенів вільності $f = 16$ і $q = 0,05$.

В нашому випадку незначущими є коефіцієнти регресії $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$.

Записуємо в остаточному виді, отримане рівняння регресії:

Для мінеральної води:

$$y = 0,645 + 0,180 \cdot x_1 - 0,025 \cdot x_2 - 0,030 \cdot x_3;$$

Розраховуємо значення вихідного параметру y_u для дослідів і заносимо в таблиці: для мінеральної води табл. 3.4.

Для мінеральної води:

$$y_1 = 0,645 + 0,180 - 0,025 - 0,030 = 0,77;$$

$$y_2 = 0,645 - 0,180 - 0,025 - 0,030 = 0,41;$$

$$y_3 = 0,645 + 0,180 + 0,025 - 0,030 = 0,82;$$

$$y_4 = 0,645 - 0,180 + 0,025 - 0,030 = 0,46;$$

$$y_5 = 0,645 + 0,180 - 0,025 + 0,030 = 0,83;$$

$$y_6 = 0,645 - 0,180 - 0,025 + 0,030 = 0,47;$$

$$y_7 = 0,645 + 0,180 + 0,025 + 0,030 = 0,88;$$

$$y_8 = 0,645 - 0,180 + 0,025 + 0,030 = 0,52.$$

Таблиця 3.4

<i>Номер дослідю</i>	\bar{y}_u	\hat{y}_u	$(\bar{y}_u - \hat{y}_u)$	$(\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2$
1	2	3	4	5
1	0,77	0,77	0	0
2	0,41	0,41	0	0
3	0,82	0,82	0	0
4	0,46	0,46	0	0
5	0,83	0,83	0	0
6	0,47	0,47	0	0
7	0,88	0,88	0	0
8	0,52	0,52	0	0
Всього				0

Перевірка адекватності рівняння регресії (за критерієм Фішера)

Розглянемо дисперсію, яка показує розкид середніх дослідних даних змінної \bar{y}_u відносно максимальних значень змінної \hat{y}_u , які передбачені

отриманим лінійним рівнянням регресії. Ця дисперсія називається залишковою дисперсією і розраховується за формулою:

$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{m}{f_1} \cdot \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2,$$

де $f_1 = N \cdot m - l = [N \cdot m - (n' + 1)] = [8 \cdot 3 - (3 + 1)] = 20$ – число степенів вільності; m – кількість паралельних дослідів; n' – кількість значущих факторів, що залишилися в рівнянні.

Для подальших розрахунків скористаємося таблицею 3.1.

Тоді залишкова дисперсія буде:

для мінеральної води:

$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{3}{20} \cdot 0 = 0,$$

Визначаємо розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_p = \frac{S_{\text{зал}}^2}{S_0^2}.$$

Для мінеральної води і безалкогольних напоїв $F_p = 0$.

За таблицями знаходимо критерій Фішера для рівня значущості $\alpha = 0,05$ (5 %) та степенів вільності: $F_{\text{кр}} = 2,23$.

$$f_1 = N \cdot m - l = 14;$$

$$f_2 = N \cdot (m - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16;$$

Перевіряємо умову адекватності:

$$F_p < F_{\text{кр}}: 0 < 2,23 \text{ – умова виконується.}$$

Отже, рівняння є адекватним досліджуваному процесу.

Для переходу до натуральних значень критеріїв використовуємо формули:

$$X_1 = \frac{H_1 - H_{01}}{\lambda_1}; X_2 = \frac{H_2 - H_{02}}{\lambda_2}; X_3 = \frac{H_3 - H_{03}}{\lambda_3},$$

де H_1, H_2, H_3 – натуральні значення фактора X_i ; H_{01}, H_{02}, H_{03} – значення фактора X_i на нульовому рівні; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – інтервал варіювання.

Підставивши значення, отримаємо:

$$X_1 = \frac{H_1 - H_{01}}{\lambda_1} = \frac{D_{CO_2} - 7,0}{2,0};$$

$$X_2 = \frac{H_2 - H_{02}}{\lambda_2} = \frac{P'' - 0,085}{0,015};$$

$$X_3 = \frac{H_3 - H_{03}}{\lambda_3} = \frac{t - 8,0}{4,0};$$

Отже, отримані рівняння регресії є адекватними масовій концентрації діоксиду вуглецю в мінеральній воді після її насичення і мають вигляд:

$$\begin{aligned} C &= 0,645 + 0,18 \cdot \frac{D_{CO_2} - 7}{2} - 0,025 \cdot \frac{P'' - 0,085}{0,015} - 0,03 \cdot \frac{t - 8}{4} = \\ &= 0,645 + 0,09 \cdot D_{CO_2} - 0,63 - 1,67 \cdot P'' + 0,142 - 0,0075 \cdot t + 0,06 \\ &= 0,217 + 0,09 \cdot D_{CO_2} - 1,67 \cdot P'' - 0,0075 \cdot t \end{aligned}$$

3.2 Дослідження роботи наповнювача з використанням програмного комплексу Flow Vision

Для моделювання та дослідження роботи наповнювача було використано програму FlowVision, до якої вводилася геометрія розрахункової області всіх досліджуваних об'єктів, створених в системі автоматизованого проектування (рис. 3.2). FlowVision призначений, зокрема, для моделювання двофазних потоків середовищ рідин та газів в різних об'єктах, а також візуального представлення цих потоків методами комп'ютерної графіки. Робота Flow Vision ґрунтується на методі розв'язання рівнянь гідродинаміки з використанням прямокутної адаптивної сітки з локальним подрібненням.

Основними параметрами вибору ефективної конструкції були вибрані максимальна величина питомої площі поверхні контакту рідинної та газової фаз, що створюється при проходженні різних потоків рідини і газу через кавітаційний пристрій та обумовлюється в основному кінетичною енергією

газорідинного потоку, конструкцією трубки і пристрою в цілому. А також мінімально можливі витрати питомої енергії на виникнення кавітації.

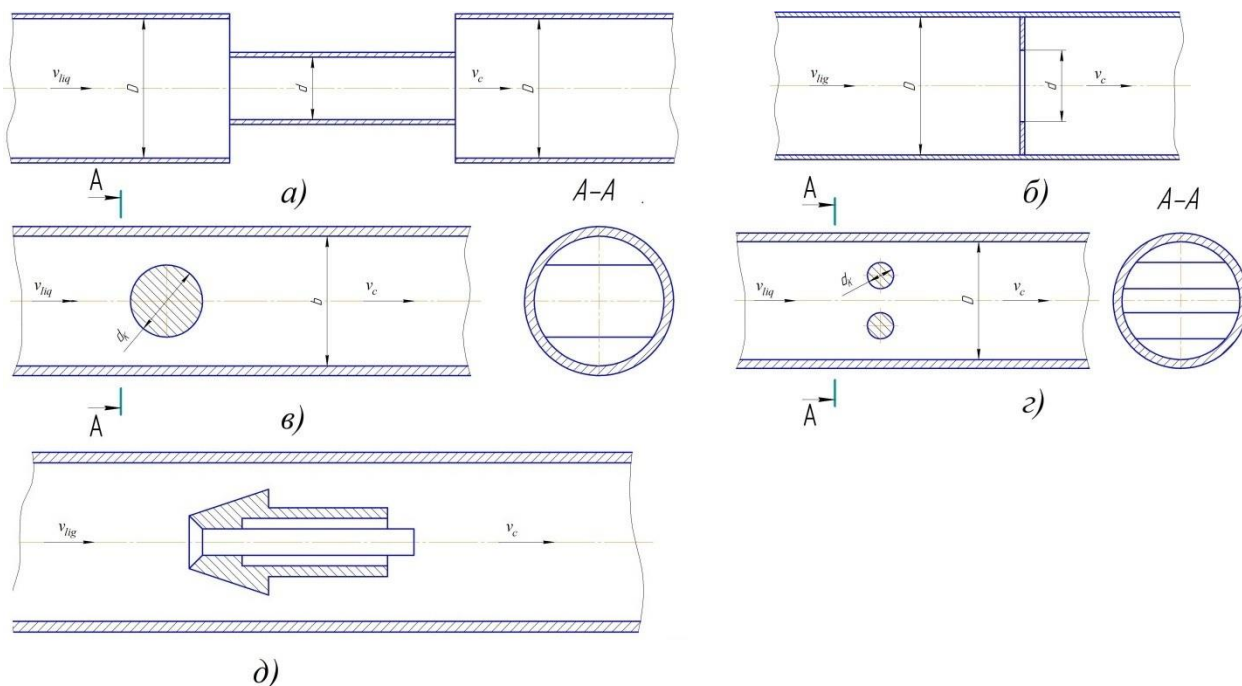


Рис. 3.2. Досліджувані трубки наповнювача:

а) з різким звуженням та розширенням трубопроводу; б) з дросельною шайбою; в) зі статичним циліндричним кавітатором; г) з двома рівновіддаленими статичними циліндричними кавітаторами; д) зі статичним конічно-циліндричним кавітатором.

Критерієм для вибору оптимальної конструкції трубки наповнювача було обрано коефіцієнт ефективності K_e , який враховує витрати енергії на утворення одиниці площі питомої поверхні контакту фаз. Коефіцієнт ефективності визначається з співвідношення:

$$K_e = \frac{J}{F'}$$

де J – питомі витрати енергії на створення ефекту кавітації, Дж/м³;

F' – питома площа поверхні контакту рідинної і газової фаз, м²/дм³.

Чим менше значення цього коефіцієнта, тим ефективніше використовується енергія на створення нової поверхні.

Інші параметри, що враховувались при виборі оптимальної конструкції пристрою – це простота виготовлення, надійність в роботі, безпека та можливість повної автоматизації.

Майже в усіх трубках регулювання роботи пристрою відбувається тільки за одним параметром – зміною тиску на вході та виході з пристрою.

В розроблених моделях проведено дослідження динаміки їх роботи в залежності від особливостей конструкції пристрою, таких як, різке звуження і розширення трубопроводу, розділення суцільного технологічного потоку на декілька потоків, конічно-циліндричні вставки на шляху потоку та ін.

Під час експерименту досліджено зміну швидкості рідини та газу в проточній камері, розподіл тиску всередині пристрою, залежно від основних конструктивних параметрів моделі. За результатами досліджень проведено розрахунки числа кавітації, кінетичної енергії, питомих витрат енергії на створення кавітації, питомої площі оновлюваної поверхні.

Всі дослідження ГДКП (гідродинамічного кавітаційного пристрою) за допомогою Flow Vision було проведено за незмінних початкових умов: внутрішній діаметр пристрою $D = 0,066$ м, тиск рідини на вході в розподільник $P_{вх} = 0,4$ МПа, тиск газу на вході в трубку $P_{CO_2} = 0,5$ МПа, досліджувані речовини: рідина (вода) та газ (CO_2). На графіках зміни швидкості, тиску та густини по довжині пристрою величини виражені в м/с, Па, кг/м³ та м відповідно.

Грунтуючись на проведених розрахунках, було порівняно пристрої та зроблено висновки щодо правильності вибору оптимальної конструкції пристрою для насичення напоїв діоксидом вуглецю. Дані для розрахунків було взято безпосередньо з графіків розроблених комп'ютерних моделей.

В результаті проведених досліджень було виявлено переваги та недоліки кожного з досліджуваних гідродинамічних пристроїв, що дозволило зробити певні висновки по кожному з цих пристроїв.

На рис. 3.3 зображено пристрій № 1, який має конструкцію у вигляді

різкого звуження трубопроводу з подальшим різким розширенням до початкового розміру. Вхідний внутрішній діаметр трубопроводу складає $D = 0,066$ м, звуження має діаметр $d = 0,04$ м, коефіцієнт стиснення потоку $\varepsilon = 0,36$. Розглянемо проходження рідини через пристрій № 1 при її початковому тиску на вході в пристрій $0,4$ МПа.

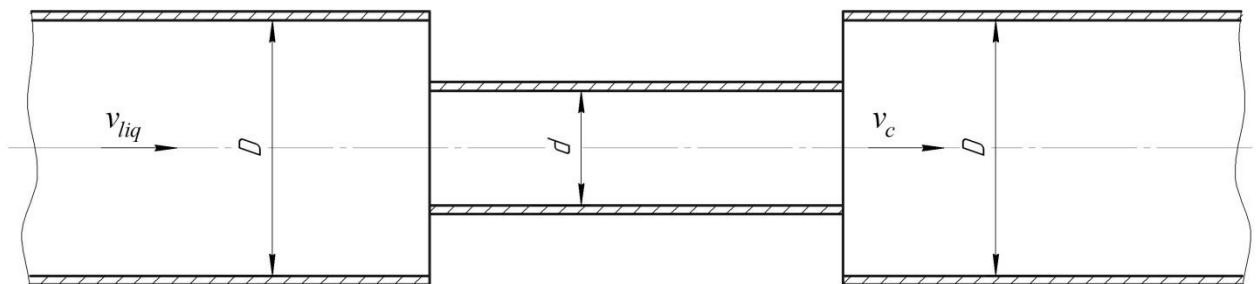


Рис. 3.3. Різке звуження трубопроводу з подальшим розширенням (№ 1)

При дослідженні проходження рідинним потоком звуження пристрою № 1 (рис. 3.4) спостерігається зростання його швидкості від початкового значення $10,3$ м/с на вході в пристрій до максимального значення $30,3$ м/с у місці звуження трубопроводу. Таким чином, завдяки різкому звуженню трубопроводу відбувається зростання швидкості потоку на 20 м/с та порушення його суцільності з утворенням бульбашок (газової фази). В місці різкого розширення трубопроводу швидкість рідинного потоку поступово знижується до початкового значення.

При цьому тиск рідини поступово спадає від початкового значення на вході в пристрій до низьких значень в горловині пристрою та в місці різкого розширення трубопроводу (рис. 3.5). Тобто в цих місцях відбувається незначний механічний розрив потоку, що сприяє виникненню кавітації. Також різке розширення потоку призводить до утворення зон відриву потоку з рециркуляційними вихорами на виході зі звуження, що призводить до різкого зменшення швидкості рідинного потоку до початкових значень.

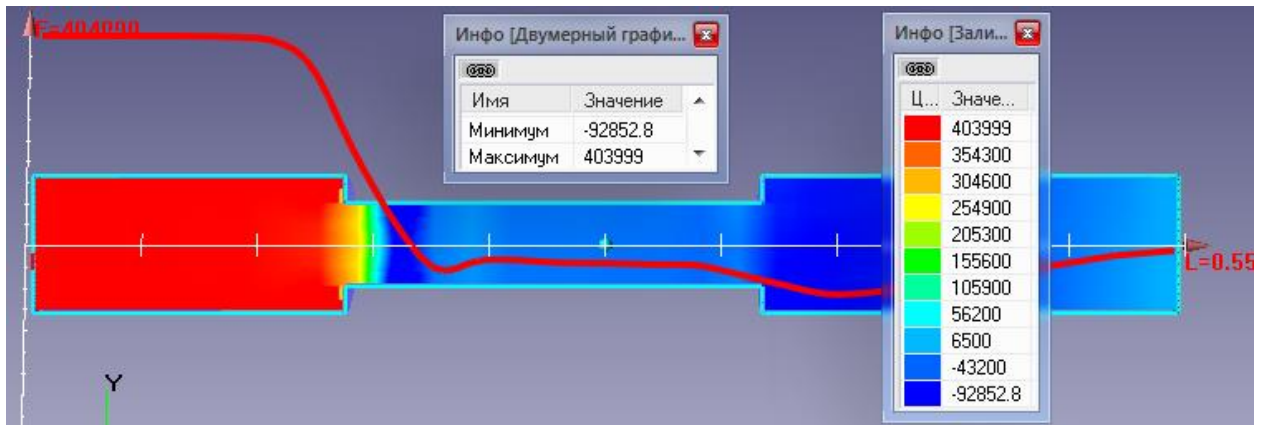
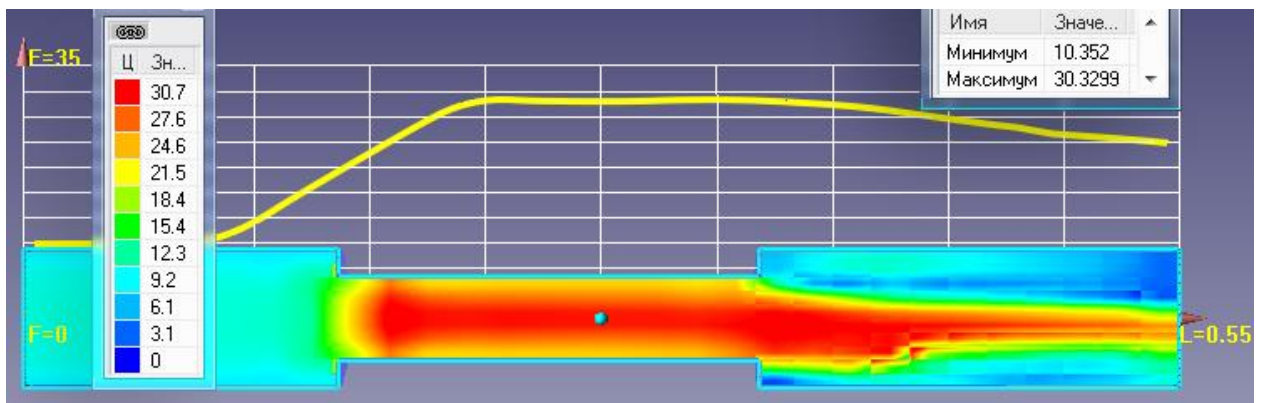


Рис. 3.4. Карта розподілу швидкості пристрою № 1



3.5. Карта розподілу тиску пристрою № 1

Питома поверхня контакту фаз в області кавітації:

$$F_1 = \frac{m_{c1} \cdot (\vartheta_{c1}^2 - \vartheta_{liq1}^2)}{2 \cdot \sigma_{liq}} = \frac{0,934 \cdot (30,3^2 - 28,3^2)}{2 \cdot 0,073} = 749,8 \text{ м}^2/\text{дм}^3.$$

Питомі витрати енергії на створення кавітації:

$$J_1 = \rho_{c1} \cdot g \cdot \Delta P_1 = 934,3 \cdot 9,81 \cdot (403999 - 2338,8) = 3,7 \cdot 10^9 \text{ Дж}/\text{м}^3.$$

Коефіцієнт ефективності пристрою № 1:

$$K_{e1} = J_1/F_1 = 3,7 \cdot 10^6/749,8 = 4,9 \text{ кДж}/\text{м}^2.$$

Таким чином, в пристрої № 1 за рахунок різкого звуження і подальшого різкого розширення трубопроводу початковий тиск рідини знижується до тиску насиченої пари, відбуваються механічний розрив потоку, виникає кавітація. Але такий пристрій не ефективний, оскільки має застійну зону з рециркуляційними вихорами на виході зі звуження, що є негативним явищем та значні питомі витрати енергії на створення одиниці площі поверхні

контакту фаз.

Розглянемо пристрій № 2 – трубопровід з дросельною шайбою на шляху рідинного потоку (рис. 3.6). Від попереднього пристрою він відрізняється значно меншою довжиною ділянки звуження, яке в цьому випадку виконує дросельна шайба. Внутрішній діаметр вхідного трубопроводу $D = 0,066$ м, діаметр звуження $d = 0,04$ м, коефіцієнт стиснення потоку $\varepsilon = 0,36$. Тиск рідини на вході в пристрій $0,4$ МПа.

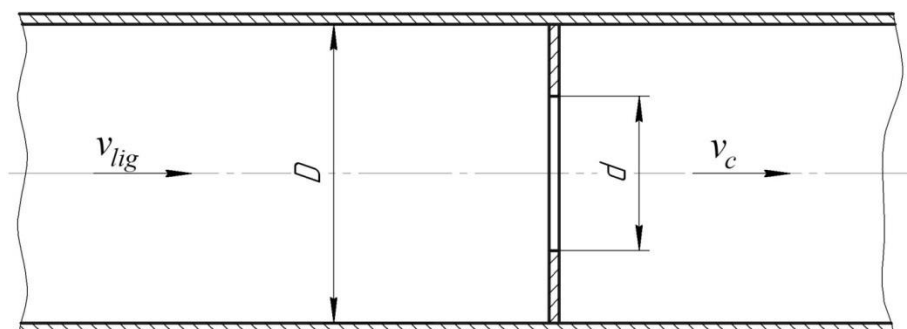


Рис. 3.6. Дросельна шайба (пристрій № 2)

Завдяки дросельній шайбі швидкість газорідинного потоку за кавітатором, зростає до $31,3$ м/с (рис. 3.7), але завдяки такій конструкції також зростає і швидкість рідини на вході в пристрій – до $17,9$ м/с.

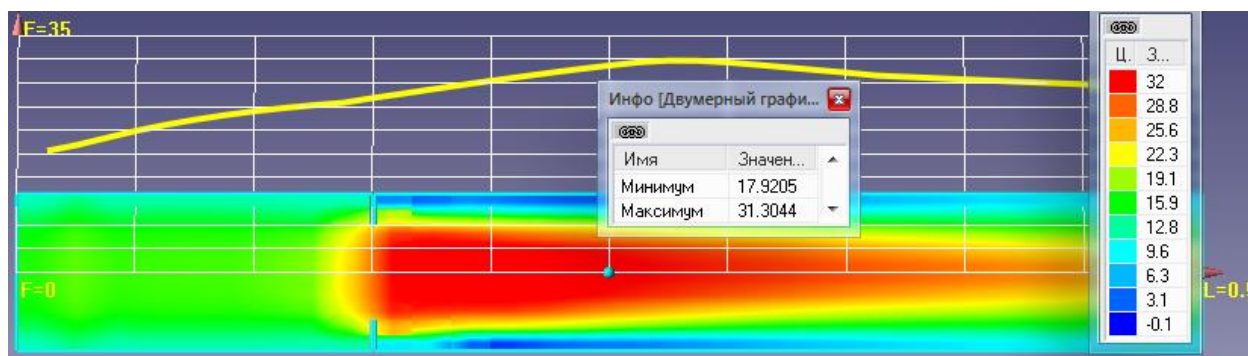


Рис. 3.7. Карта розподілу швидкості пристрою № 2

За дросельною шайбою, як і в пристрої № 1 після звуження, спостерігаються низькі значення тиску (рис. 3.8). Тиск знижується до критичного значення ($0,075$ МПа), що свідчить про механічний розрив потоку та виникнення кавітації. За рахунок розширення потоку за дросельною шайбою утворюється зона відриву потоку з рециркуляційними вихорами, але завдяки більшій швидкості газорідинного потоку ця зона

більш вузька, а рециркуляційні вихори значно довші.

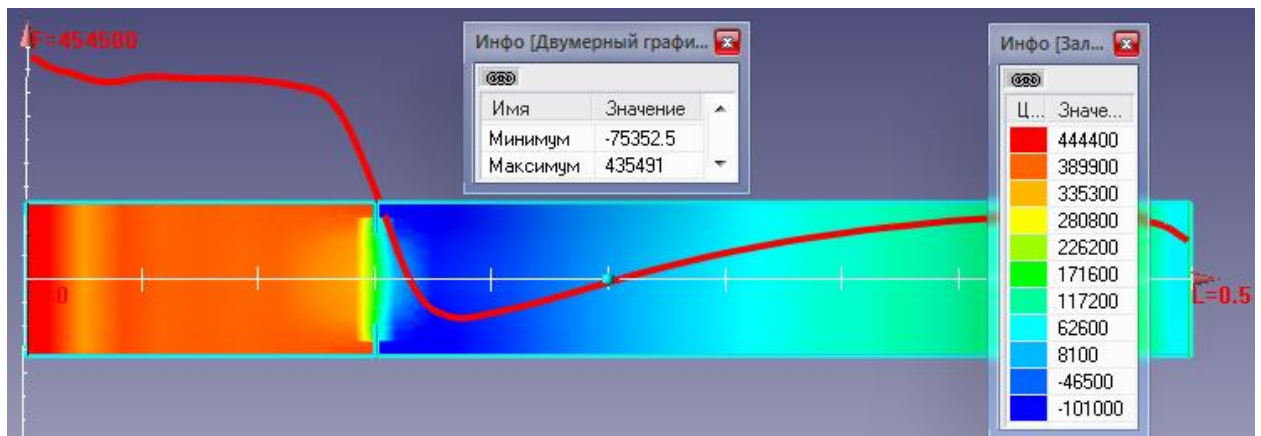


Рис. 3.8. Карта розподілу тиску пристрою № 2

Питома поверхня контакту фаз:

$$F_2 = \frac{m_{c2} \cdot (\vartheta_{c2}^2 - \vartheta_{liq2}^2)}{2 \cdot \sigma_{liq}} = \frac{0,949 \cdot (31,3^2 - 29,5^2)}{2 \cdot 0,073} = 711,4 \text{ м}^2/\text{дм}^3.$$

Питомі витрати енергії на створення кавітації:

$$J_2 = \rho_{c2} \cdot g \cdot \Delta P_2 = 948,8 \cdot 9,81 \cdot (435491 - 2338,8) = 4,0 \cdot 10^9 \text{ Дж/м}^3.$$

Коефіцієнт ефективності пристрою № 2:

$$K_{e2} = J_2/F_2 = 4,0 \cdot 10^6/711,4 = 5,6 \text{ кДж/м}^2.$$

Таким чином, пристрій № 2 у порівнянні з попереднім пристроєм має майже однакові показники. Але для досягнення цих результатів пристрій потребує більших питомих витрат енергії для перетворення рідинного потоку на кавітаційний.

Далі розглянуто поширений вид кавітаційного пристрою (пристрій № 3) у вигляді трубопроводу зі статичним циліндричним кавітатором, встановленим перпендикулярно до осі трубопроводу (рис. 3.9). Початкові умови такі, як і в попередніх пристроях: рідинний потік на вході в пристрій має площу поперечного перетину $0,0043 \text{ м}^2$ і початковий тиск $0,4 \text{ МПа}$; площа поперечного перетину звуження трубопроводу $S_3 = 0,00125 \text{ м}^2$, коефіцієнт стиснення потоку $\epsilon_3 = 0,36$.

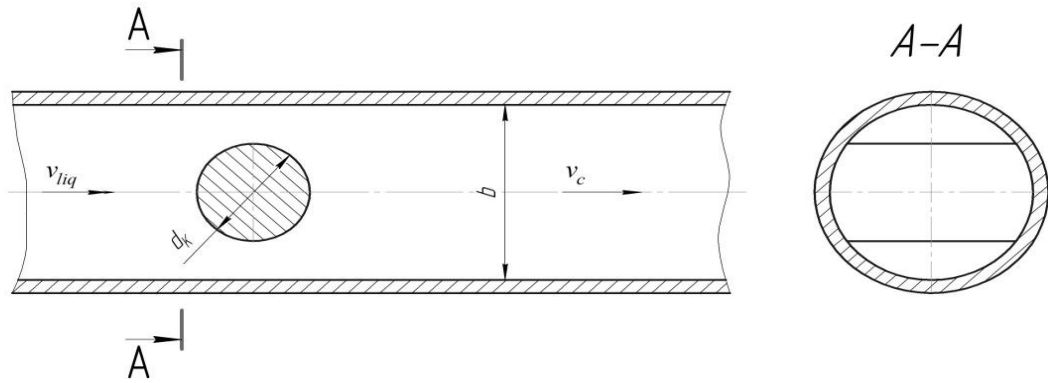


Рис. 3.9. Трубопровід зі статичним циліндричним кавітатором (пр. № 3)

Рідинний потік з початковим тиском $0,4 \text{ МПа}$ (рис. 3.10 і 3.11) та швидкістю $10,1 \text{ м/с}$ проходить через проточну камеру пристрою. Перед кавітатором його тиск зростає до максимального значення $0,41 \text{ МПа}$, а швидкість потоку при огинанні кавітатора досягає максимального значення $30,3 \text{ м/с}$. Із-за значної вхідної швидкості рідинного потоку вихори, які утворюються за кавітатором витягуються в напрямку потоку. Безпосередньо за кавітатором виникає область кавітації – тиск набуває від’ємних значень, відбувається механічний розрив течії з утворенням кавітаційних каверн. Через певну відстань швидкість і тиск потоку повертаються до своїх попередніх значень, а бульбашки захлопуються з утворенням енергії, яка створює динамічний вплив на оброблюване середовище.

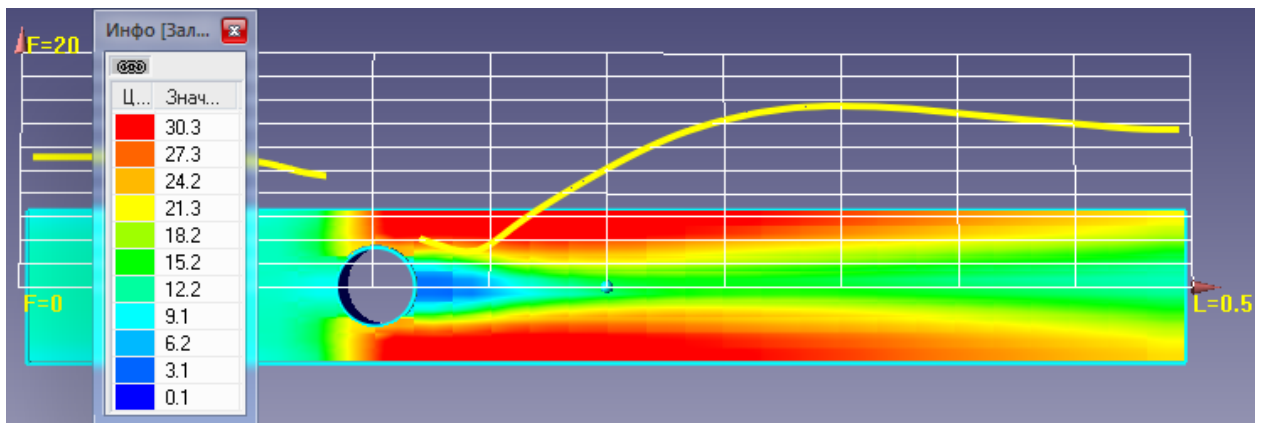


Рис. 3.10. Карта розподілу швидкості пристрою № 3

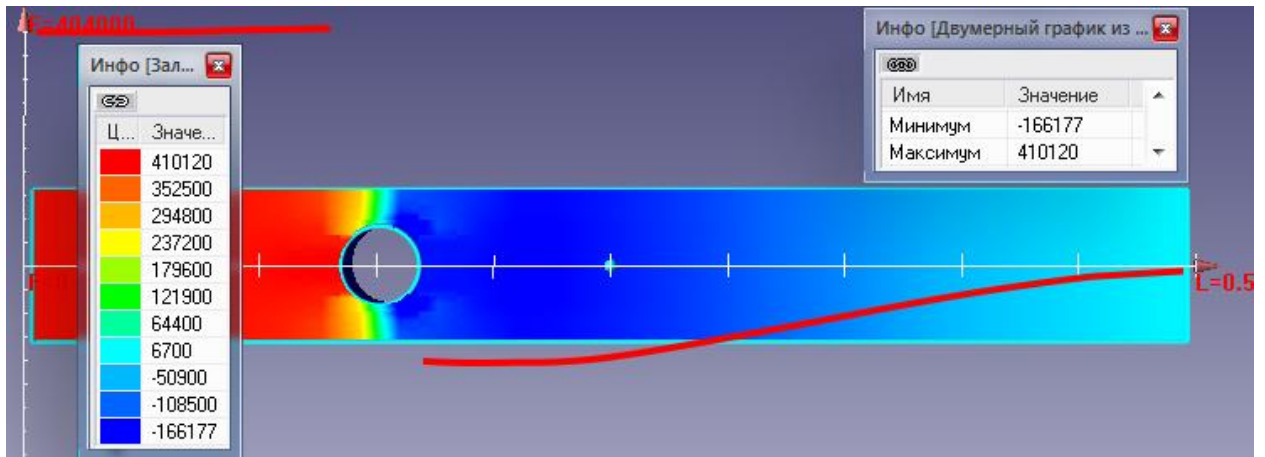


Рис. 3.11. Карта розподілу тиску пристрою № 3

Питома поверхня контакту фаз в області кавітації:

$$F_3 = \frac{m_{c3} \cdot (\vartheta_{c3}^2 - \vartheta_{liq3}^2)}{2 \cdot \sigma_{liq}} = \frac{0,948 \cdot (30,3^2 - 28,6^2)}{2 \cdot 0,073} = 650,2 \text{ м}^2/\text{дм}^3.$$

Питомі витрати енергії на створення кавітації:

$$J_3 = \rho_{c3} \cdot g \cdot \Delta P_3 = 947,5 \cdot 9,81 \cdot (410120 - 2338,8) = 3,8 \cdot 10^9 \text{ Дж/м}^3.$$

Коефіцієнт ефективності пристрою № 3:

$$K_{e3} = J_3 / F_3 = 3,8 \cdot 10^6 / 650,2 = 5,8 \text{ кДж/м}^2.$$

Таким чином, цей кавітаційний пристрій також є більш ефективним, оскільки при незначних питомих витратах енергії на виникнення кавітації та відносно малій питомій площі поверхні контакту фаз має більше значення коефіцієнта ефективності.

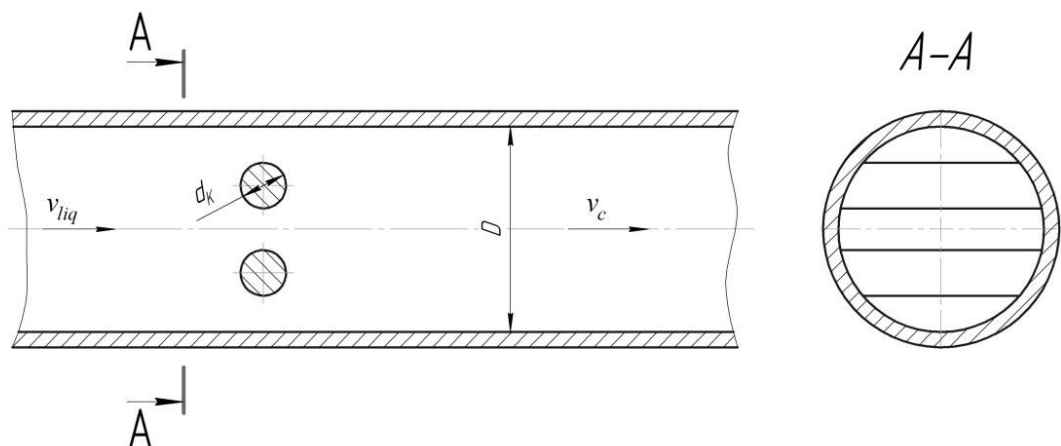


Рис. 3.12. Трубопровід з двома рівновіддаленими статичними циліндричними кавітаторами (пристрій № 4)

Пристрій № 4 (рис. 3.12) схожий з попереднім, тільки замість одного має два кавітатори у вигляді циліндра, розміщених один над одним і рівновіддалених від стінки трубопроводу та один від одного. Початкові умови для моделювання такі ж, як і для решти пристроїв.

Завдяки розділенню одного циліндричного кавітатора на два, дещо зменшився опір проходженню рідини через пристрій. Тому максимальний тиск рідинного потоку перед кавітатором залишився рівним вхідному тиску, а максимальна швидкість при обтіканні кавітаторів зросла на $0,2 \text{ м/с}$ у порівнянні з попереднім пристроєм.

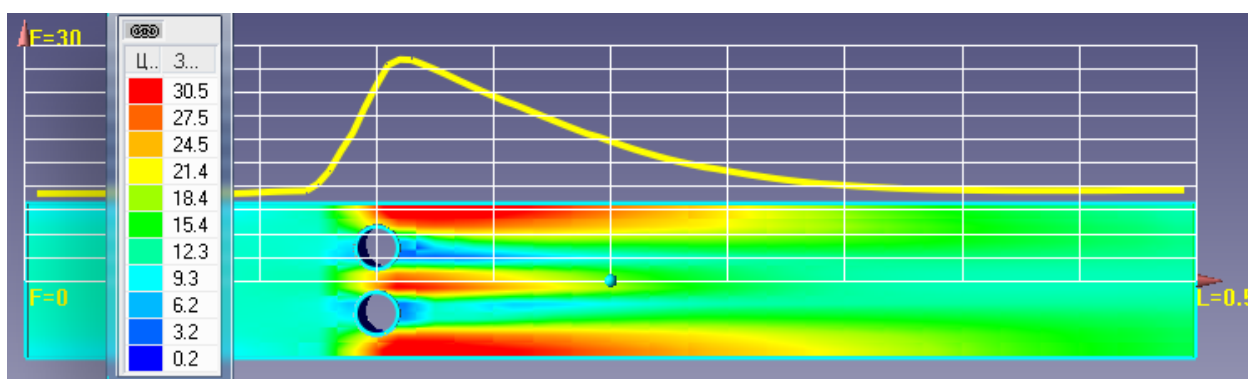


Рис. 3.13. Карта розподілу швидкості пристрою № 4

За кавітаторами виникає область з від'ємним тиском, значення якої на $0,02 \text{ МПа}$ більше, ніж в попередньому пристрої, що говорить про більший ступінь кавітації та можливе зростання питомої площі поверхні контакту фаз.

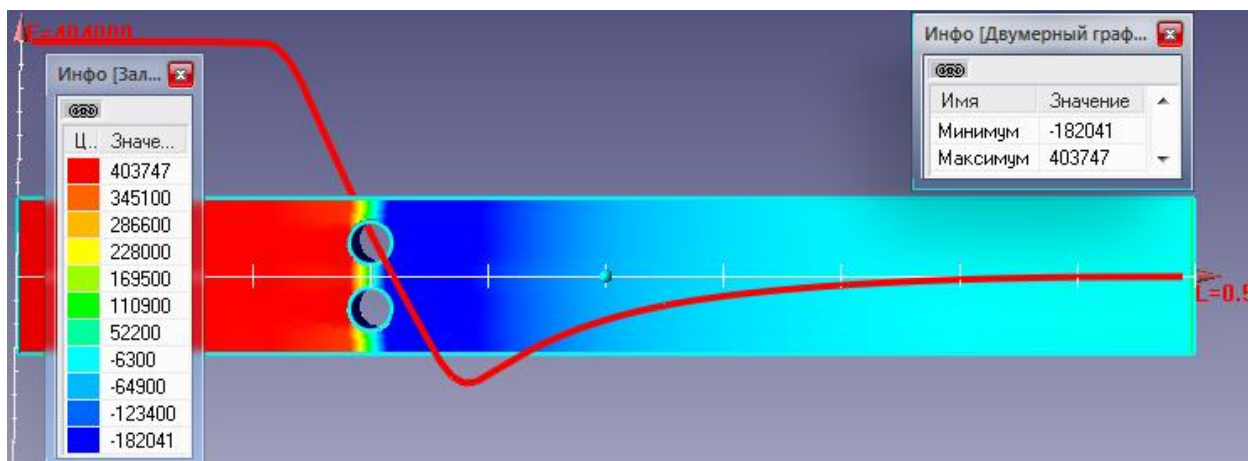


Рис. 3.14. Карта розподілу тиску пристрою № 4

Таким чином, розділення потоку рідини на декілька потоків за однакових умов сприяє зростанню максимальної швидкості потоку, кінетичної енергії та питомої площі поверхні контакту фаз у порівнянні з суцільним потоком у пристрої № 3, що є одним із визначальних факторів для розробки нового пристрою.

Пристрій № 4 є найефективнішим серед розглянутих пристроїв. Його можна використовувати для насичення напоїв діоксидом вуглецю, якщо циліндричні кавітатори виготовити пустотілими для подачі CO_2 з отворами для введення газу в потік, оскільки цей пристрій має менші питомі витрати енергії на створення кавітації за однакових умов з попередніми пристроями.

Пристрій № 5 являє собою конічно-циліндричну вставку, розміщену всередині трубопроводу (рис. 3.15). Вставка має внутрішній циліндричний отвір з фаскою та зовнішню конічно-циліндричну поверхню. Кавітатор розділяє загальний потік рідини на два потоки: внутрішній, який проходить через звужуючий отвір і зовнішній – в зазорі між зовнішньою поверхнею кавітатора і внутрішньою поверхнею трубопроводу.

Оптимальними кутами звуження внутрішнього отвору кавітатора є кут $\alpha = 5 \div 10^\circ$ та розширення зовнішньої поверхні $\beta = 5 \div 15^\circ$, які призначені для локального збільшення швидкості потоку рідини при проходженні її через кавітатор. Завдяки такій конструкції (рис. 3.15) максимальна швидкість потоку рідини досягає $31,0 \text{ м/с}$.

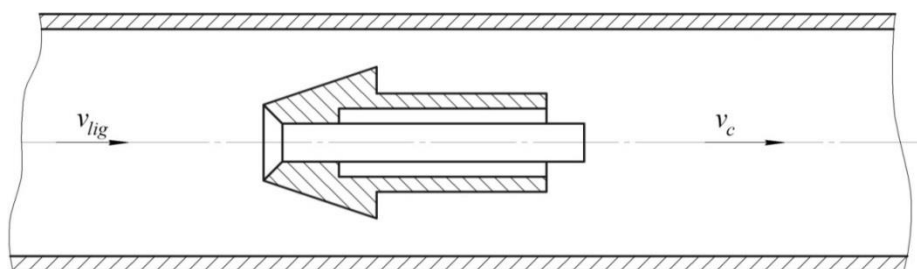


Рис. 3.15. Пристрій з конічно-циліндричним кавітатором (пристрій № 5)

На виході з кавітатора, між двома потоками, розділеними товщиною стінки кавітатора утворюється область зниженого тиску з певним критичним

значенням, тобто виникає розрив потоку, величина якого найбільша серед розглянутих пристроїв і складає – $0,22 \text{ МПа}$.

Саме тут, завдяки розрідженню, виникає явище кавітації. В місці розподілу потоків доцільно вводити CO_2 для насичення рідини діоксидом вуглецю.

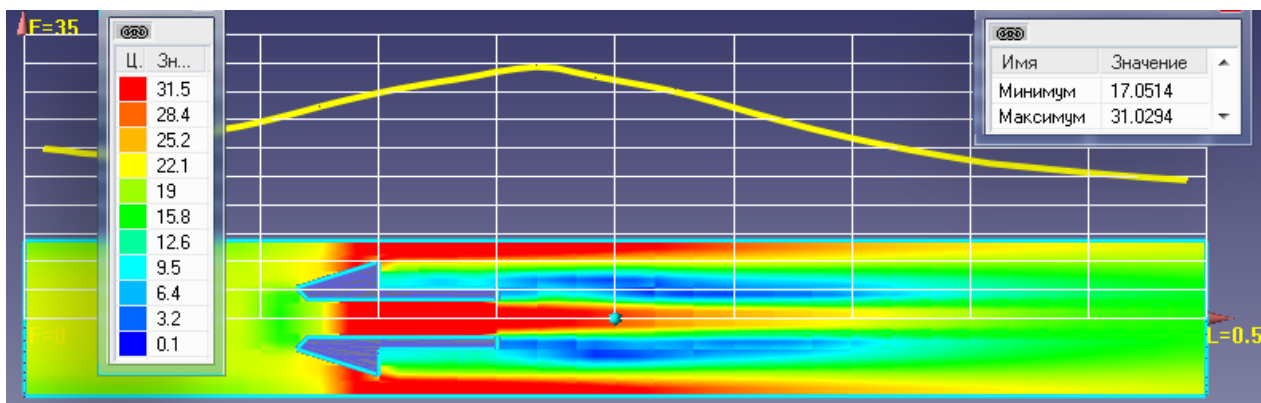


Рис. 3.16. Карта розподілу швидкості пристрою № 5

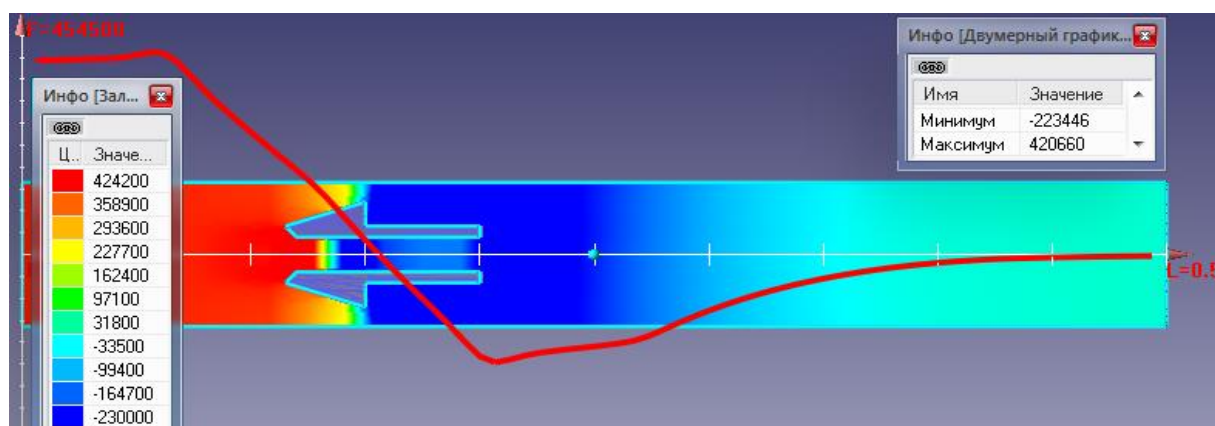


Рис. 3.17. Карта розподілу тиску пристрою № 5

В даному випадку ця вставка також є статичним ГДКП (гідродинамічним кавітаційним пристроєм), який сприяє виникненню явища кавітації. Цей пристрій є досить ефективним, але для досягнення прийняттого ефекту потрібні значні питомі витрати енергії. Також недоліком є складність його встановлення та обслуговування.

Висновок

Отже виходячи з отриманих даних для своєї модернізації ми обрали пристрій №4. Він не змінює параметрів наповнюваної рідини. Також завдяки цьому виду пристрою можливо змінювати параметри наповнювання (тиск, швидкість) і при цьому ми не втрачаємо якісних характеристик напою.

Також, підібравши раціональні тиск та швидкість, ми побудували епюри для PET тари (швидкість, тиск, дисипацію, спалахи)

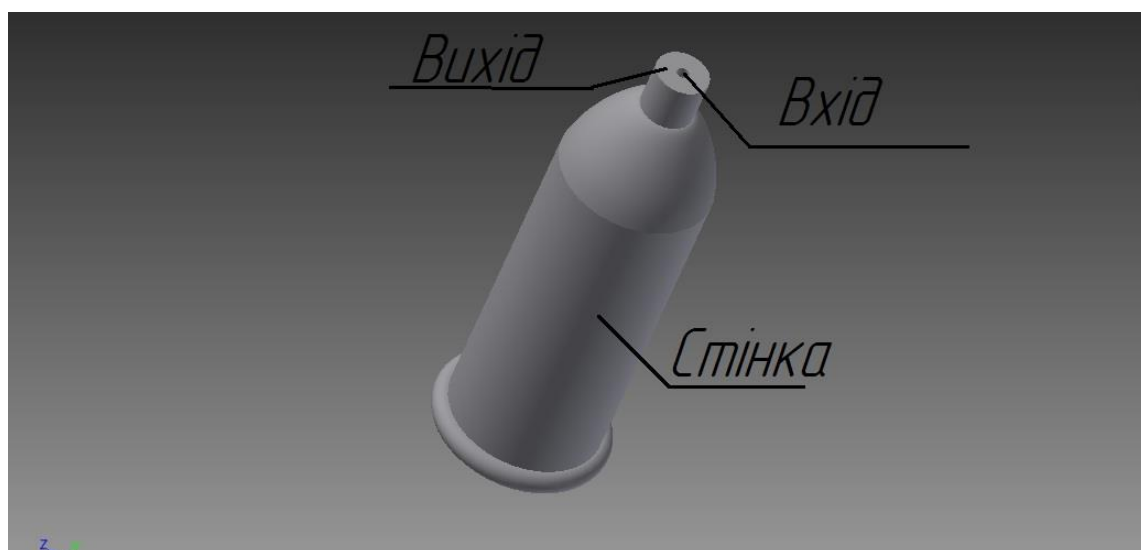


Рис. 3.18. Вигляд 3D моделі

Епюри основних параметрів

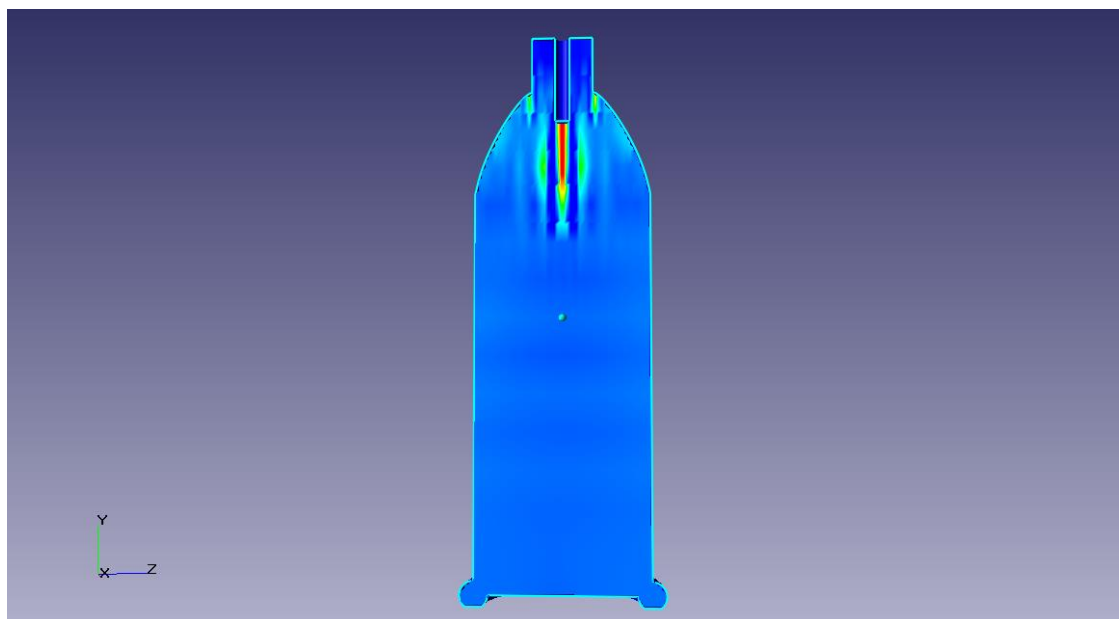


Рис. 3.19. Епюра розподілу тиску

Висновок: епюра показує що максимальний тиск знаходиться на виході рідини з наповнювача, а мінімальний тиск по обох сторонах циліндру відносно входу. Це відбувається за рахунок того, що тиск обернено пропорційний до швидкості руху, а з епюри швидкості видно, що мінімальна швидкість буде перед циліндром а максимальна по його боках.

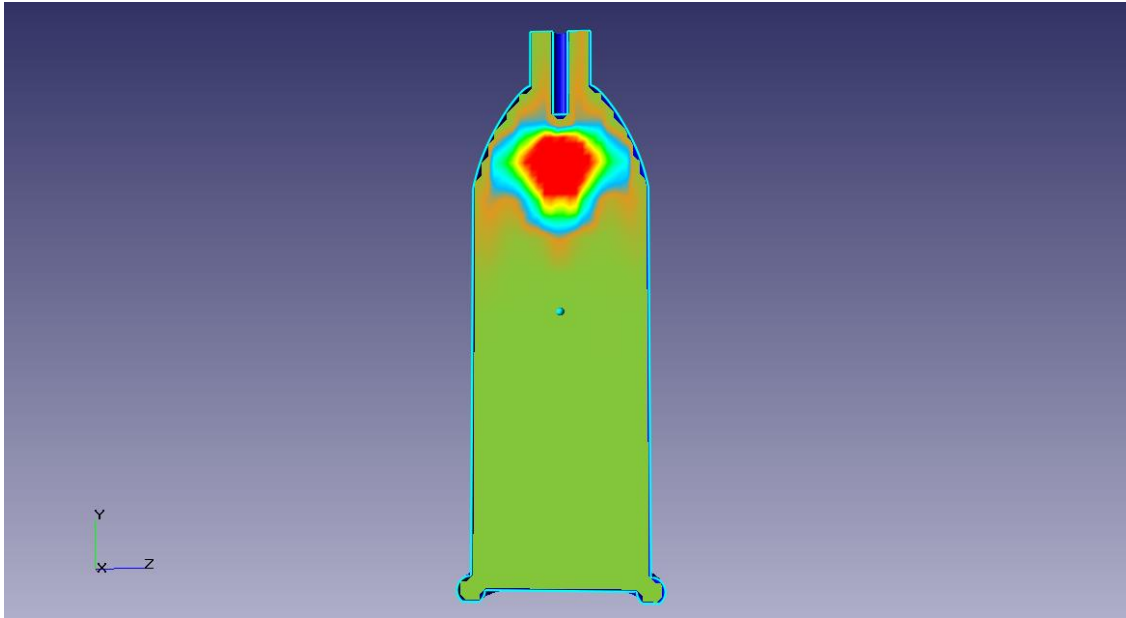


Рис. 3.20. Епюра дисипації

Висновок: : дисипація після взаємодії рідини з циліндром збільшується за рахунок додаткового тертя рідини і циліндра.

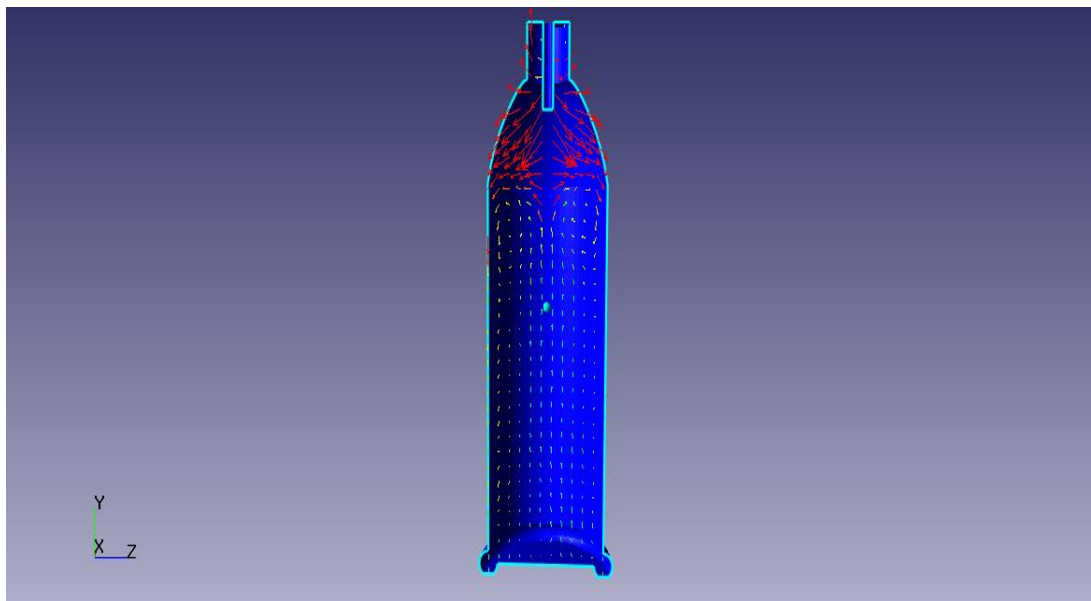


Рис. 3.21. Епюра швидкості потоку

Висновок: максимальна швидкість знаходиться на кінці трубки. Додатковий опір створюється на початку циліндра, отже виходячи з цього більший об'єм рідини проходить по боках циліндра.



Рис. 3.22 Спалахи

Висновок: спалахи показують рух часточок, введених в рідину. Із руху спалахів видно що по всій площі спалахи відбуваються в турбулентному режимі.

$$Re = \frac{V \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 1}{0.0000001} = 1 \cdot 10^4$$

$$Re \geq 8000$$

Після опрацювання всіх дослідних даних ми змогли зробити детальне обґрунтування модернізації, висвітлене в наступних розділах.

4. Обґрунтування модернізації

Суть модернізації полягає в зменшенні габаритних розмірів вузла наповнення та переорієнтації розміщення наповнювачів в розливному автоматі, що дозволяє збільшити їх кількість з 40 до 50шт, що в свою чергу призведе до збільшення продуктивності.

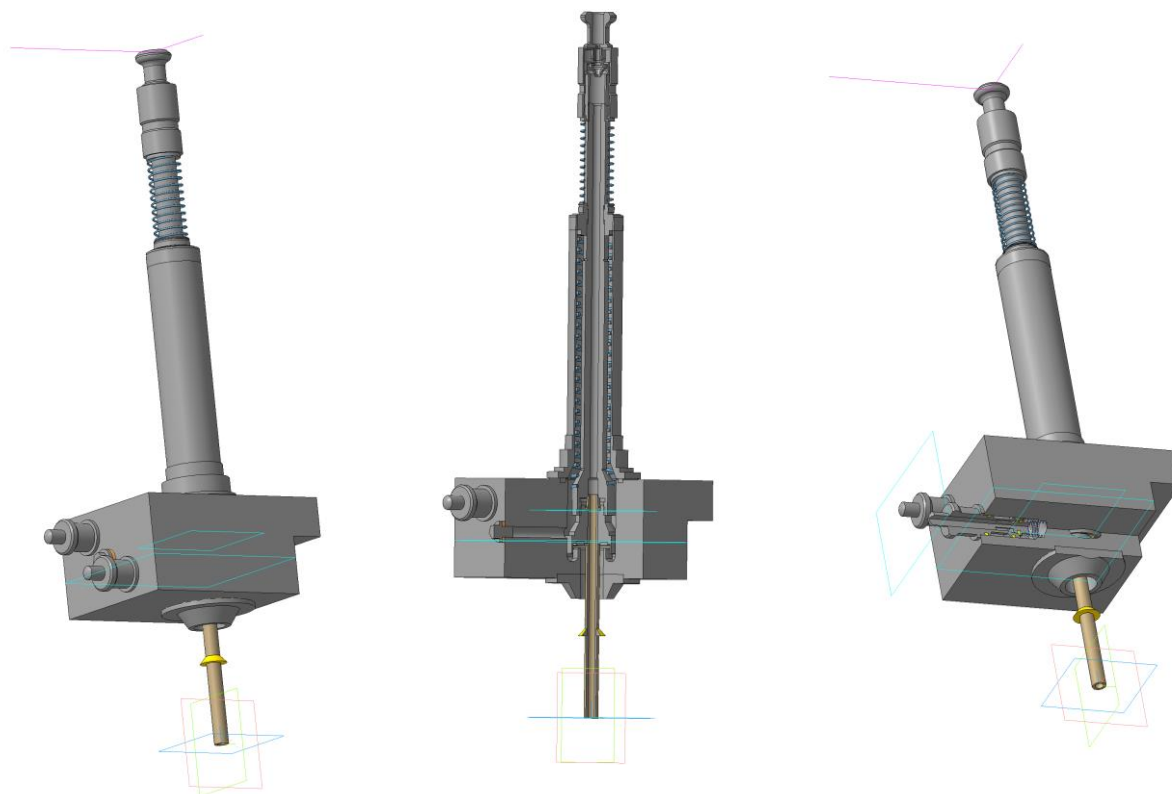


Рис. 4.1. 3D-модель модернізованого наповнювача

Також для підвищення дисперсності бульбашок CO₂ в готовому продукті пропонується встановити кавітуючий елемент, робота якого змодельована в розділі 3 та прогнозується його висока ефективність при використанні в даному обладнанні.

Модернізована машина має такі переваги в порівнянні зі своїм аналогом: збільшується продуктивність з 8000 до 10000 пляш./год та підвищується якість продукції.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Бірюновський С.О.	<i>Назва, додаткова назва</i>		18-2020.MP.14.004 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В. Г.	<i>Обґрунтування модернізації</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Дана машина легко переорієнтується на різні конфігурації пляшок і може бути використана практично на всіх харчових підприємствах, які фасують рідкі напої.

Таким чином, запропонована в проекті модернізація розливного автомата забезпечить підвищення ефективності роботи лінії розливу, а отже підприємства в цілому і тому її впровадження є доцільним.

5. Устрій та принцип роботи модернізованого обладнання

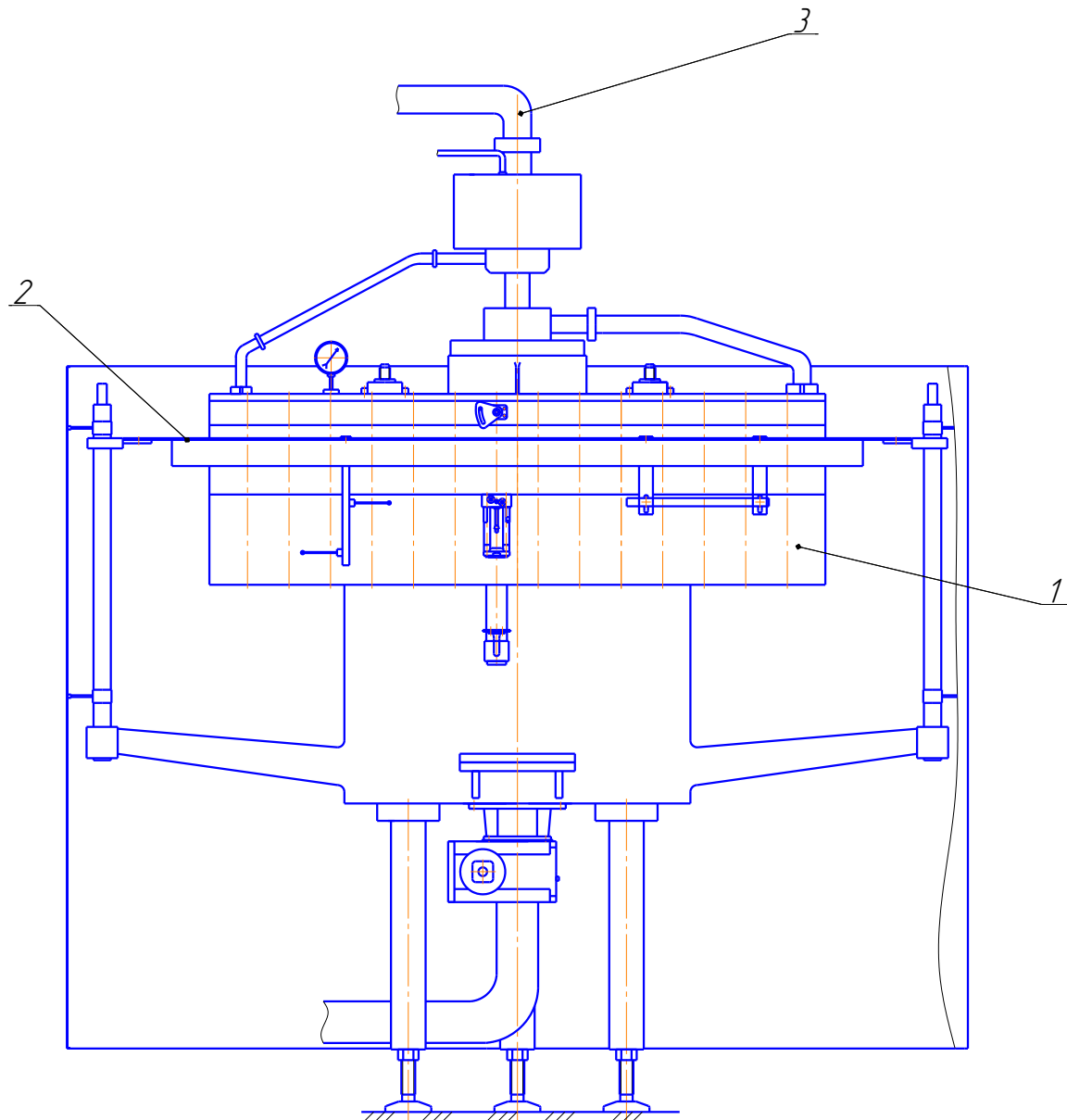


Рис. 4.1. Машина-автомат типу SE для розливу води

Машина підрозділяється на три основних вузли:

1. Карусель розливочного автомата з блоками розливу;
2. Підготовчий стіл;
3. Трубопроводи.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Бірюнівський С.О.	<i>Назва, додаткова назва</i>	18-2020.MP.14.005 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В. Г.	<i>Устрій та принцип роботи модернізованого обладнання</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

Принцип роботи

Робочі середовища (напої), засоби очищення, газу для створення тиску і насичення продукту подаються по трубопроводах.

Для здійснення пристосування розливочної машини до розміру пляшки верхня частина каруселі розливочного пристрою встановлена в опорах з можливістю регулювання по висоті, за допомогою пневмопривода.

Незаповнені пляшки надходять по підвідному транспортеру, далі через завантажувальний шнек і завантажувальну зірку підготовчого столу на притискні механізми (столики) каруселі розливочного пристрою. Притискні механізми піднімають пляшки і притискають їх до клапанів заповнення. Під час підйому притискних механізмів здійснюється опитування про наявність пляшки. Якщо пляшка піднімається, запускається операція заповнення і пляшка наповняється, спочатку CO₂ до зрівноваження тиску в пляшці та баку, а потім рідиною. Якщо пляшка відсутня, то відповідний клапан заповнення залишається закритим.

Етапи наповнення продукцією пляшки:

1. Подача газу для створення тиску зрівноваження.
2. Заповнення пляшки.
3. Завершення наповнення (відключення подачі рідини).
4. Завершення циклу та скидання тиску.

Коли тиск в пляшці вирівнюється з тиском в розливочному бачку, пружина відкриває клапан рідини і починається ізобарометричне наповнення. Рідина стікає в пляшку. Конусоподібне дефлекторне кільце, надіте на вихідну трубу, запобігає утворенню турбулентності рідини. По мірі того, як рідина заповнює пляшку, газ надходить назад в розливочний бачок через отвір для проходу газу. Фаза наповнення завершується коли рідина в пляшці досягає горловини вихідної труби, блокуючи вихід газу, а значить і повернення газу в розливочний бачок.

Рівень наповнення встановлюється в залежності від положення

вихідної трубки.

Після операції заповнення притискні механізми опускаються, і наповнені пляшки подаються через передаючу зірку підготовчого столу на закупорний пристрій. Закупорені пляшки передаються через розвантажувальну зірку на транспортер, що відводить наповнену пляшку.

Привід:

Привід розливочного й закупорного пристроїв здійснюється через відповідні редуктори і вали за допомогою трифазного двигуна з регулюванням швидкості обертання.

Схема руху пляшок в автоматі.

Від транспортера 1, пляшки за допомогою завантажувального шнека 2 приводяться в позиції, що відповідають коректному розподілові і підводяться до зірочки, що виштовхує 3. Вона штовхає пляшки на обертіві диски для пляшок. Потім пляшки фіксуються на обертовому диску для пляшок за допомогою пристроїв, що центрують. Рух підйому й опускання пляшок здійснюється за допомогою піднімальних елементів із пневматичним приводом.

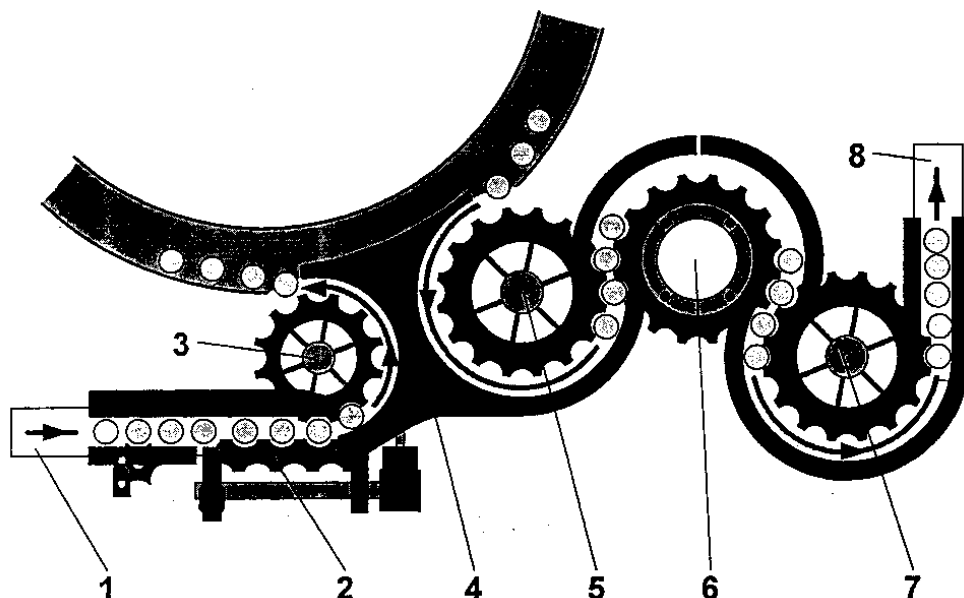


Рис. 4.2. Схема руху пляшок в автоматі.

Після закінчення процесу розливу і опусканням униз пляшки, вони подаються по направляючій для пляшок 4 передавальній зірці 5. Вона передає пляшки на закупорну зірку 6, що центрує їх точно під закупорними елементами.

Після операції закупорки закриті пляшки приймаються зірочкою, що виштовхує 7 і передаються транспортові, який їх відводить. Транспортер буває із прямим відводом або відводом під кутом 90° у залежності від виконання розливочної установки 8.

6. Розрахункова частина

6.1. Розрахунок продуктивності розливного автомата

Теоретична продуктивність автомата, пляш/год:

$$P_m = Z \cdot n \cdot 3600 \quad (6.1)$$

де Z -кількість наповнювачів, $Z=50$ шт.,

n -частота обертання каруселі, $n = 3.3$ об/хв. = 0.055 об/с,

$$P_m = 50 \cdot 0.055 \cdot 3600 \approx 10000$$

$$P_m = 2.77 \text{пляш/с}$$

Тривалість одного оберту каруселі, с:

$$T = 1/n = 1/0.055 = 18.2 \quad (6.2)$$

Розрахункова продуктивність, пляш/с:

$$P_p = Z_n / \tau_n \quad (6.3)$$

де Z_n -кількість одночасно працюючих наповнювачів, шт.,

τ_n -час наповнення пляшки, $\tau_n=8$ с.-виміряна.

$$Z_n = \psi \cdot Z \quad (6.4)$$

де ψ -коефіцієнт використання робочих позицій, $\psi=0.3$

$$Z_n = 0.3 \cdot 40 = 15$$

$$P_p = 15/8 = 1.875$$

Фактична продуктивність, пляш/с:

$$P_\phi = \frac{Z}{1.62 \cdot \lambda \cdot \tau_n} \quad (6.5)$$

де λ -коефіцієнт запасу, що враховує неточне визначення і зміну τ_n , $\lambda=1.4$

$$P_\phi = \frac{50}{1.62 \cdot 1.4 \cdot 8} = 2.76 \quad (6.6)$$

Коефіцієнт використання технічної потужності автомата:

$$\xi = P_\phi / P_m = 2.76/2.77 \approx 1$$

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Бірюнівський С.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Розрахункова частина	18-2020.MP.14.006 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/11

6.2. Кінематичний розрахунок

Вихідні дані:

$Z_1=100$ - кількість зубців колеса,

$Z_2=20$ - кількість зубців шестерні,

$D_1=210$ мм.- діаметр веденого шківa,

$D_2=100$ мм.-діаметр ведучого шківa,

$U_{ч.п.}=40$ - передаточне число черв'ячної передачі,

$n_{дв}=1400$ об/хв. - частота обертання валу двигуна,

$P_k=3.0$ кВт. - потужність, що затрачається двигуном на обертання

каруселі.

Визначаємо основні параметри.

Передаточне число:

-відкрита передача

$$U_{в.п.} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{100}{20} = 5 \quad (6.7)$$

-пасова передача

$$U_{п.п.} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{210}{100} = 2.1 \quad (6.8)$$

Частота обертання валів:

$$n_4 = n_{дв.} = 1400 \text{ об/хв}$$

$$n_3 = 1400 / U_{п.п.} = 1400 / 2.1 \approx 660 \text{ об/хв} \quad (6.9)$$

$$n_2 = 660 / U_{ч.п.} = 660 / 40 = 16.5 \text{ об/хв}$$

$$n_1 = 16.5 / U_{в.п.} = 16.5 / 5 = 3.3 \text{ об/хв}$$

Кутова швидкість:

$$\omega_1 = \pi \cdot n_1 / 30 = \pi \cdot 3.3 / 30 = 0.346 \text{ с}^{-1} \quad (6.10)$$

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot U_{в.п.} = 0.346 \cdot 5 = 1.73 \text{ с}^{-1} \quad (6.11)$$

$$\omega_3 = \omega_2 \cdot U_{ч.п.} = 1.73 \cdot 40 = 69.2 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_4 = \omega_3 \cdot U_{п.п.} = 69.2 \cdot 2.1 = 145.32 \text{ с}^{-1}$$

Потужність на окремих валах:

$$N_{\text{ов.}} = N_4 = 3000 \text{ Вт}$$

$$N_3 = N_4 \cdot \eta_{\text{н.п.}} = 3000 \cdot 0.95 = 2850 \text{ Вт} \quad (6.12)$$

$$N_2 = N_3 \cdot \eta_{\text{в.підш.}} \cdot \eta_{\text{ч.п.}} \cdot \eta_{\text{підш.}}^2 = 2850 \cdot 0.99 \cdot 0.75 \cdot 0.99^2 = 2074 \text{ Вт}$$

$$N_1 = N_2 \cdot \eta_{\text{в.п.}} = 2074 \cdot 0.92 = 1908.1 \text{ Вт}$$

де $\eta_{\text{п.п.}}$ -ККД пасової передачі,

$\eta_{\text{в.підш.}}$ -ККД підшипника приводного вала,

$\eta_{\text{ч.п.}}$ -ККД черв'яної передачі,

$\eta_{\text{підш.}}$ -ККД підшипника,

$\eta_{\text{в.п.}}$ -ККД відкритої передачі.

Крутний момент на окремих валах:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{1908.1}{0.346} = 5514.7 \text{ Н} \times \text{м} \quad (6.13)$$

$$T_2 = \frac{T_1 \cdot \eta_{\text{в.п.}}}{U_{\text{в.п.}}} = \frac{5514.7 \cdot 0.92}{5} = 1014.7 \text{ Н} \times \text{м} \quad (6.14)$$

$$T_3 = \frac{T_2 \cdot \eta_{\text{в.підш.}} \cdot \eta_{\text{ч.п.}} \cdot \eta_{\text{підш.}}^2}{U_{\text{ч.п.}}} = \frac{1014.7 \cdot 0.99 \cdot 0.75 \cdot 0.99^2}{40} = 18.46 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$T_4 = \frac{T_3 \cdot \eta_{\text{н.п.}}}{U_{\text{н.п.}}} = \frac{18.46 \cdot 0.95}{2.1} = 8.35 \text{ Н} \times \text{м}$$

Таблиця 6.1

Основні кінематичні параметри приводної системи

№ Вала	Потужність N, Вт	Крутний момент T, Н·м	Кутова швидкість ω , рад/с	Частота обертання n, об/хв	Передаточне число U
1.	1980	5514.7	0.346	3.3	5
2.	2074	1014.7	1.73	16.5	
3.	2805	18.46	69.2	660	40
4.	3000	8.35	145.32	1400	
					2.1

5.3 Розрахунок приводного валу

В якості матеріалу для валу обираємо сталь 40Х, $\sigma_s = 1000$ МПа,
 $[\sigma_{-1}] = 90$ МПа, $[\sigma_0] = 150$ МПа

Колова сила:

$$F_{t1} = 2 \cdot T_1 / d_{w1} \quad (6.15)$$

де T_1 -крутний момент на валу, $T_1 = 1014$ Н

d_{w1} -ділильний діаметр шестерні, $d_{w1} = 0.16$ м

$$F_{t1} = 2 \cdot 1014 / 0.16 = 12675 \text{ Н}$$

Радіальна сила:

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} \alpha_w \quad (6.16)$$

де $\operatorname{tg} \alpha$ -кут зачеплення, $\alpha_w = 20$

$$F_{r1} = 12675 \cdot \operatorname{tg} 20 = 4613 \text{ Н}$$

Визначаємо реакції та будуємо епюри.

Горизонтальна площина :

$$\Sigma M_B = 0$$

$$F_{r1} \cdot 0.075 - R_{cy} \cdot 0.045 = 0 \quad (6.17)$$

$$R_{cy} = 4613 \cdot 0.075 / 0.045 = 7688 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_c = 0$$

$$F_{r1} \cdot (0.075 + 0.045) - R_{By} \cdot 0.045 = 0 \quad (6.18)$$

$$R_{By} = 4613 \cdot (0.075 + 0.045) / 0.045 = 12301 \text{ Н}$$

Згинаючий момент в перерізі В :

$$M_{By} = F_{r1} \cdot 0.075 \quad (6.19)$$

$$M_{By} = 4613 \cdot 0.075 = 346 \text{ Н} \times \text{м}$$

Вертикальна площина :

$$\Sigma M_B = 0$$

$$F_{t1} \cdot 0.075 - R_{cz} \cdot 0.045 = 0 \quad (6.20)$$

$$R_{cz} = 12675 \cdot 0.075 / 0.045 = 21125H$$

$$\Sigma M_c = 0$$

$$F_{t1} \cdot (0.075 + 0.045) - R_{Bz} \cdot 0.045 = 0 \quad (6.21)$$

$$R_{Bz} = 12675 \cdot (0.075 + 0.045) / 0.045 = 33800H$$

Згинаючий момент в перерізі В :

$$M_{Bz} = F_{t1} \cdot 0.075 \quad (6.22)$$

$$M_{Bz} = 12675 \cdot 0.075 = 950H \times m$$

Сумарний момент:

$$M_{сум} = \sqrt{M_{By}^2 + M_{Bz}^2} \quad (6.23)$$

$$M_{сум} = \sqrt{346^2 + 950^2} = 1011H \times m$$

Еквівалентний момент:

$$M_{екв} = \sqrt{M_{сум}^2 + \alpha \cdot (T)^2} \quad (6.24)$$

де α – коефіцієнт, що враховує відмінність в характеристиках циклів напруження згину та кручення:

$$\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]} \quad (6.25)$$

$$\alpha = \frac{90}{150} = 0.6$$

$$M_{екв} = \sqrt{1011^2 + 0.6 \cdot (1014)^2} = 1280H \times m$$

Розрахунковий діаметр:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0.1 \cdot [\sigma_{-1}]}} \quad (6.26)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1280 \cdot 10^{-3}}{0.1 \cdot 90 \cdot 10^{-6}}} \approx 50mm$$

Приймаємо діаметр валу $d=50.0$ мм

5.4 Перевірочний розрахунок приводного валу

Матеріал валу – Сталь 40Х

$$\sigma_s = 1000 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{-1} = 450 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 250 \text{ МПа}$$

$$\psi_\sigma = 0.15; \psi_\tau = 0.1$$

Сумарний момент згину $M_{\text{сум}} = 1011 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Крутний момент $T_{\text{кр}} = 1014 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Допустимий коефіцієнт міцності $[n] = 1.5$

Масштабний коефіцієнт при згині і крученні для валу із сталі 40Х і

$$d = 50\text{мм}: \xi_\tau = 0.7, \xi_\sigma = 0.8$$

Коефіцієнти стану поверхні: $k_\sigma^n = k_\tau^n = 1.2; k_\tau = 2.2; k_\sigma = 2.1$

Ефективні коефіцієнти концентрації напружень:

$$K\sigma_d = \frac{k_\sigma + k_\sigma^n - 1}{\xi_\sigma} = \frac{2.1 + 1.2 - 1}{0.8} = 2.875 \quad (6.27)$$

$$K\tau_d = \frac{k_\tau + k_\tau^n - 1}{\xi_\tau} = \frac{2.2 + 1.2 - 1}{0.7} = 3.429 \quad (6.28)$$

Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K\sigma_d \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{450}{2.875 \cdot 80.88 + 0.15 \cdot 0} = 1.9 \quad (6.29)$$

$$\text{де } \sigma_a = \frac{M_{\text{сум}}}{W_0} = \frac{1011 \cdot 10^3}{12500} = 80.88 \text{ Па} - \text{ амплітуда номінальних напружень}$$

згину;

де $W_0 = 12500 \text{ мм}^3$ – осьовий момент опору; $\sigma_m = 0$

Знаходимо запас міцності для дотичних напружень. Знаходимо полярний момент опору при $d = 50 \text{ мм}$, $W_p = 25000 \text{ мм}^3$.

Напруження кручення:

$$\tau = \frac{T_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{1014 \cdot 10^3}{2500} = 40.56 \text{ Па} \quad (6.30)$$

Амплітуда і середнє значення номінальних напружень кручення:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{40.56}{2} = 20.28 \text{ Па} \quad (6.31)$$

Запас міцності для дотичних напружень:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K\tau_d \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} = \frac{250}{3.429 \cdot 20.28 + 0.1 \cdot 20.28} = 3.49 \quad (6.32)$$

Загальний запас міцності в перерізі:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{1.9 \cdot 3.49}{\sqrt{1.9^2 + 3.49^2}} = 1.7 > [n] = 1.5 \quad (6.33)$$

Таким чином, перевірка довела, що умови міцності виконуються.

5.5. Розрахунок шпонкових з'єднань

Найбільш небезпечною деформацією для шпонки є зминання від крутного моменту $T = 1014 \text{ Н}\cdot\text{м}$:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma]_{зм} \quad (6.34)$$

За ГОСТ 23360-78 для $d = 48 \text{ мм}$ вибираємо шпонку: Сталь 45, $h = 9 \text{ мм}$, $e = 8 \text{ мм}$, $l_p = 70 \text{ мм}$, $[\sigma]_{зм} = 140 \text{ МПа}$, $\tau_{зр} = 70 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{зм1} = \frac{4 \cdot 1014 \cdot 10^3}{48 \cdot 9 \cdot 70} = 134 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{зм} = 140 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{зм2} = \frac{4 \cdot 1014 \cdot 10^3}{54 \cdot 16 \cdot 130} = 58 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{зм} = 140 \text{ МПа}$$

За ГОСТ 23360-78 для $d_2 = 54 \text{ мм}$ вибираємо шпонку: Сталь 45, $l_p = 130 \text{ мм}$, $e = 16 \text{ мм}$, $h = 10 \text{ мм}$, $[\sigma]_{зм} = 140 \text{ МПа}$, $\tau_{зр} = 70 \text{ МПа}$.

Перевірочний розрахунок шпонок на зріз.

$$\tau_{зр} = \frac{F_{зр}}{S_{зр}} \leq [\tau]_{зр} ; \quad \tau_{зр} = \frac{2 \cdot T}{d_6 \cdot b \cdot l} \quad (6.35)$$

$$\tau_{зр1} = \frac{2 \cdot 1014 \cdot 10^3}{48 \cdot 14 \cdot 70} = 43 \text{ МПа} < [\tau]_{зр} = 70 \text{ МПа}$$

$$\tau_{зр2} = \frac{2 \cdot 1014 \cdot 10^3}{54 \cdot 16 \cdot 130} = 18 \text{ МПа} < [\tau]_{зр} = 70 \text{ МПа}$$

5.6 Розрахунок контактних напружень сталь-сталь та сталь-поліамід в зубчастих передачах.

Контактна міцність робочих поверхонь:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{E_{np}}{2 \cdot \pi \cdot (1 - \mu^2)} - \frac{q}{\rho_{np}}} \leq [\sigma_6]$$

де $[\sigma_6]$ -границя витривалості при розриві, МПа

μ -коефіцієнт Пуасона, $\mu=0.3$

E_{np} -приведений модуль пружності, МПа

ρ_{np} -приведений радіус, м

q -питомий тиск, Н·м

$$E_{np} = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$$

де E_1 - модуль пружності шестерні, МПа

E_2 - модуль пружності зубчастого колеса, МПа

$$\rho_{np} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$$

де ρ_1 -радіус шестерні, м

ρ_2 -радіус зубчастого колеса, м

$$q = \frac{F_n}{l_\Sigma} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV}$$

де $K_{H\beta}$ -коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження по довжині, $K_{H\beta}=1.44$

K_{HV} -коефіцієнт, що враховує швидкість передачі, $K_{HV}=1.1$

l_Σ -сумарна довжина поверхні контакту, м

F_n -нормальна сила, Н

Контактна міцність поверхонь сталь-сталь

Матеріал зубчастої пари (20X2H4A), $[\sigma_B]=1300$ МПа, $E=215000$ Па

$$E_{np} = \frac{2 \cdot 2.15 \cdot 10^5 \cdot 2.15 \cdot 10^5}{2.15 \cdot 10^5 + 2.15 \cdot 10^5} = 2.15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$\rho_1 = \frac{d_1}{2}$$

де d_1 -ділительний діаметр шестерні, $d_1=0.16$ м.

$$\rho_2 = \frac{d_2}{2}$$

$$\rho_2 = \frac{0.16}{2} = 0.08 \text{ м.}$$

де d_2 -ділительний діаметр зубчастого колеса, $d_2=0.8$ м.

$$\rho_2 = \frac{0.8}{2} = 0.4 \text{ м.}$$

$$\rho_{np} = \frac{0.08 \cdot 0.4}{0.08 + 0.4} = 0.066 \text{ м.}$$

$$l_\Sigma = b_\omega \cdot \varepsilon_\alpha \cdot K_\varepsilon$$

де b_ω -ширина контактуючої поверхні, $b_\omega=0.62$ м.

ε_α -коефіцієнт торцевого перекриття

K_ε - коефіцієнт, що враховує перекриття, $K_\varepsilon=0.88$

$$\varepsilon_\alpha = 1.88 - 3.2 \cdot \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right)$$

де Z_1, Z_2 —кількість зубців шестерні та колеса, шт.

$$\varepsilon_{\alpha} = 1.88 - 3.2 \cdot \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{100} \right) = 1.69$$

$$l_{\Sigma} = 0.062 \cdot 0.88 \cdot 1.69 = 0.092 \text{ м.}$$

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha_{\omega}}$$

де F_t -колова сила, Н

$\cos \alpha_{\omega}$ -cos кута зачеплення, $\alpha_{\omega}=20$ - $\cos \alpha_{\omega}=0.939$

$$F_t = 2 \cdot T_1 / d_1$$

де T_1 -крутний момент на шестерні, Н·м

$$T_1 = \frac{T_2}{U}$$

де U -передаточне число, $U=5$

$T_2=T_{\text{он}\Sigma}$ -сумарний крутний момент опору, Н

$$T_{\text{он}\Sigma} = F_{\text{он.}} \cdot \frac{D_{\text{пр.}}}{2}$$

де $F_{\text{он.}}$ -сила опору, Н

$D_{\text{пр}}$ -приведений діаметр підшипника, $D_{\text{пр}}=0.887$ м.

$$F_{\text{он.}} = N \cdot w$$

де N -реакція маси обертаючої частини, Н

w -коефіцієнт опору, $w=0.1$

$$N = \frac{mg}{\cos \beta}$$

де m -маса обертаючої частини, $m=3300$ кг.

β -кут між проекцією та реакцією, $\beta=75$

$$N = \frac{3300 \cdot 9.81}{\cos 75} = 125120 \text{ Н}$$

$$F_{\text{он.}} = 125120 \cdot 0.1 = 12512 \text{ Н}$$

$$T_{\text{он}\Sigma} = 12512 \cdot \frac{0.887}{2} = 5549 \text{ Н}$$

Потужність, що затрачається на приведення в рух каруселі, кВт.

$$N_{\text{дв.}} = \frac{T_{\text{он.}\Sigma} \cdot \omega}{\eta_{\text{пр.}}}$$

де ω -кутова швидкість, $\omega=0.346$ рад/с

$\eta_{\text{пр}}$ -ККД привода, $\eta_{\text{пр}}=0.64$

$$N_{\text{дв.}} = \frac{5549 \cdot 0.346}{0.64} \approx 3.0 \text{кВт}$$

$T_2=T_{\text{он}\Sigma}=5549$ Н

$$T_1 = \frac{5549}{5} = 1109.8 \text{Нхм}$$

$$F_t = 2 \cdot 1109.8 / 0.16 = 13872.5 \text{Н}$$

$$F_n = \frac{13872.5}{\cos 20} = 14762.8 \text{Н}$$

$$q = \frac{14762.8}{0.092} \cdot 1.44 \cdot 1.1 = 254177 \text{ Н / м}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{2.15 \cdot 10^5}{2 \cdot 3.14 \cdot (1 - 0.3^2)} - \frac{254177}{0.066}} = 381 \text{МПа} \leq [\sigma_e] = 1300 \text{МПа}$$

Контактна міцність поверхонь сталь-поліамід

Матеріал колеса:(20Х2Н4А), $[\sigma_B]=1300$ МПа, $E=215000$ Па

Матеріал шестерні: поліамід АК 80/20, $[\sigma_B]=90$ МПа, $E=1500$ Па

$$E_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot 1.5 \cdot 10^3 \cdot 2.15 \cdot 10^5}{1.5 \cdot 10^3 + 2.15 \cdot 10^5} = 2.98 \cdot 10^3 \text{МПа}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{2.98 \cdot 10^9}{2 \cdot 3.14 \cdot (1 - 0.3^2)} - \frac{254177}{0.066}} = 44.8 \text{МПа} \leq [\sigma_e] = 90 \text{МПа}$$

7. Підбір конструкційних матеріалів

По всьому світу багато підприємств з переробки продуктів харчування, упаковки харчових продуктів та напоїв перейшли на обладнання з нержавіючої сталі.

Старіше обладнання, виготовлене з вуглецевої сталі або алюмінію, викликає багато проблем при переробці харчових продуктів. Така сталь може легко піддаватися корозії та спричиняючи великі витрати на заміну або ремонт обладнання. Алюміній, оскільки його поверхня м'яка, може подрятатись або мати проблеми з виїмками та тріщинками, що також забезпечує додаткове забруднення. Це, в свою чергу, викликає значні проблеми у виробництві продуктів харчування та напоїв. Нержавіюча сталь - єдиний матеріал достатньої міцності, який має стійкість до корозії.

Найпоширеніший сорт нержавіючої сталі, що використовується для обробки та пакування харчових продуктів – AISI 316/316L (12X18H10T, 08X18T1), вона ще називається "харчовою нержавіючою сталлю". Багато інших нержавіючих сплавів, таких як 304/304L, 347, 409, також можуть бути використані в машинах та обладнанні для цієї галузі. Нержавіючі конструкції можуть виготовлятися в вигляді таких виробів як стандартні балки, швелери, кутники, трійники або спеціальні форми. Сучасна технологія лазерного плавлення дозволяє забезпечувати вироби з невеликими і гладкими зварними швами, що є дуже корисним у харчовій промисловості. Також часто виготовляються трійники з похилим фланцем, щоб забезпечити стік води та полегшити очищення.

Переваги використання нержавіючої сталі

Використання нержавіючої сталі у переробці їжі та напоїв має багато переваг. Перевага номер один нержавіючої сталі – це, вказана вище, її корозійна стійкість.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюновський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	18-2020.MP.14.007 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Нержавіюча сталь також має дуже хорошу міцність і термостійкість. Завдяки стійкості до поверхневої корозії та якісній обробці поверхні її легко чистити та обслуговувати. Інша перевага, характерна для переробки напоїв та харчових продуктів, полягає в тому, що нержавіюча сталь є нейтральною щодо продуктів харчування. Так вона не змінить колір, смак чи запах їжі чи напою. Звичайно, нержавіюча сталь є екологічно чистою, оскільки є багаторазовою та 100% переробною.

Типове застосування різних виробів з нержавіючої сталі, що містяться в обладнанні з переробки харчових продуктів та напоїв, включає конвеєрні системи, резервуари, контейнери, опори, деталі машин, полози, платформи, технологічне обладнання тощо.

Марки матеріалів, які використовуються в розливному автоматі та допоміжному обладнанні, наведено в табл. 7.1.

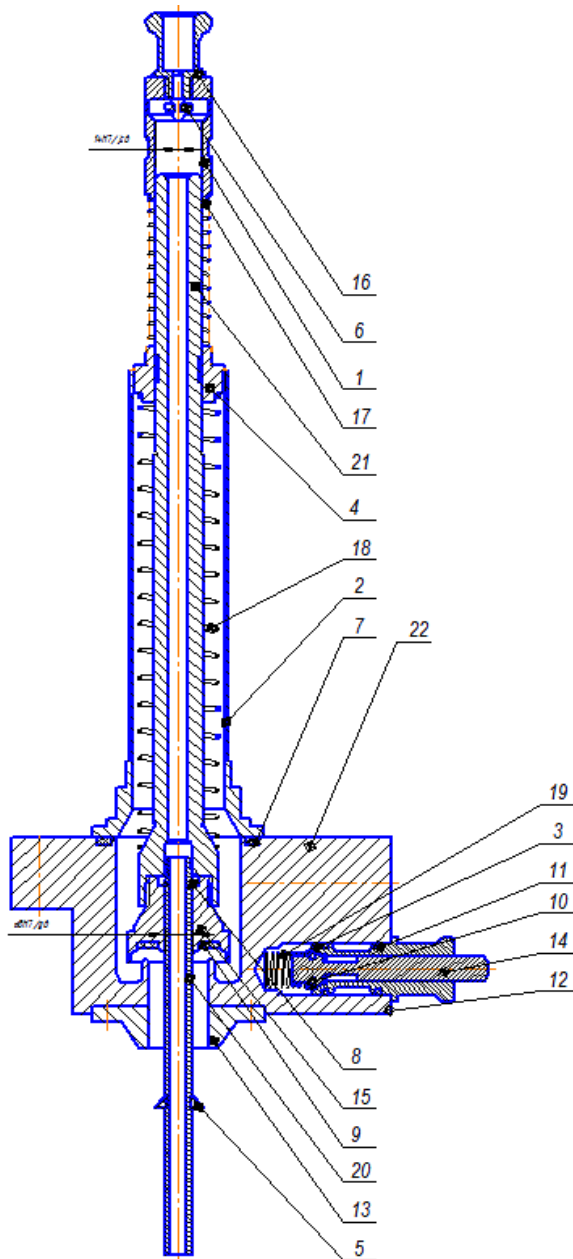
Таблиця 7.1

Основні конструкційні матеріали, які застосовуються в розливному автоматі та допоміжному обладнанні	
Матеріали	Деталі
12X13, 08X17T	Трубопроводи
10X17N13M2 та 03X17N14M2	Деталі кріплення
Сталь 40 та Сталь 45	Вали, осі, муфти, які не контактують з продуктом
Сталь 40X та Сталь 45X	Зубчасті колеса, деталі системи передач
12X18N10T та 08X18T1	Деталі, що контактують з продуктом, корпус

8. Технологія машинобудування

8.1 Аналіз призначення виробу і технологічність його конструкції

Наповнювач призначений для розливу напоїв. Вузол складається з наступних основних деталей: корпус 22, клапан 14, трубка рівня 20, направляючої трубки 21, пробки 16, пружин 17,18 та ряду інших.



Виріб в цілому має просту компоновку і просте конструктивне рішення, не викликає труднощів при збиранні. Конструкція виробу допускає можливість його складання з попередньо зібраних вузлів. Базова деталь виробу має технологічну базу, що забезпечує його достатню стійкість в процесі складання. Уніфікація кріпильних та інших деталей сприяє скороченню номенклатури складальних інструментів і більш ефективному використанню засобів механізації складальних робіт. При конструюванні виробу забезпечується можливість вільного підведення високопродуктивних механізованих складальних інструментів до місць з'єднання деталей. На підставі вищесказаного, конструкцію виробу можна вважати технологічною.

Рис. 8.1. Наповнювач

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Бірюновський С.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Технологія машинобудування	18-2020.MP.14.008 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/7	

8.2 Розмірний аналіз складальних розмірних ланцюгів

Для розмірного аналізу виберемо складальний розмірний ланцюг, замикаючою ланкою Δ , яка є зазором між клапаном і сідлом.

Допуск на розмір замикаючої ланки: $T_{V\Delta}=1$ мм.

Визначення допуску замикаючої ланки розмірного ланцюга методом max-min.

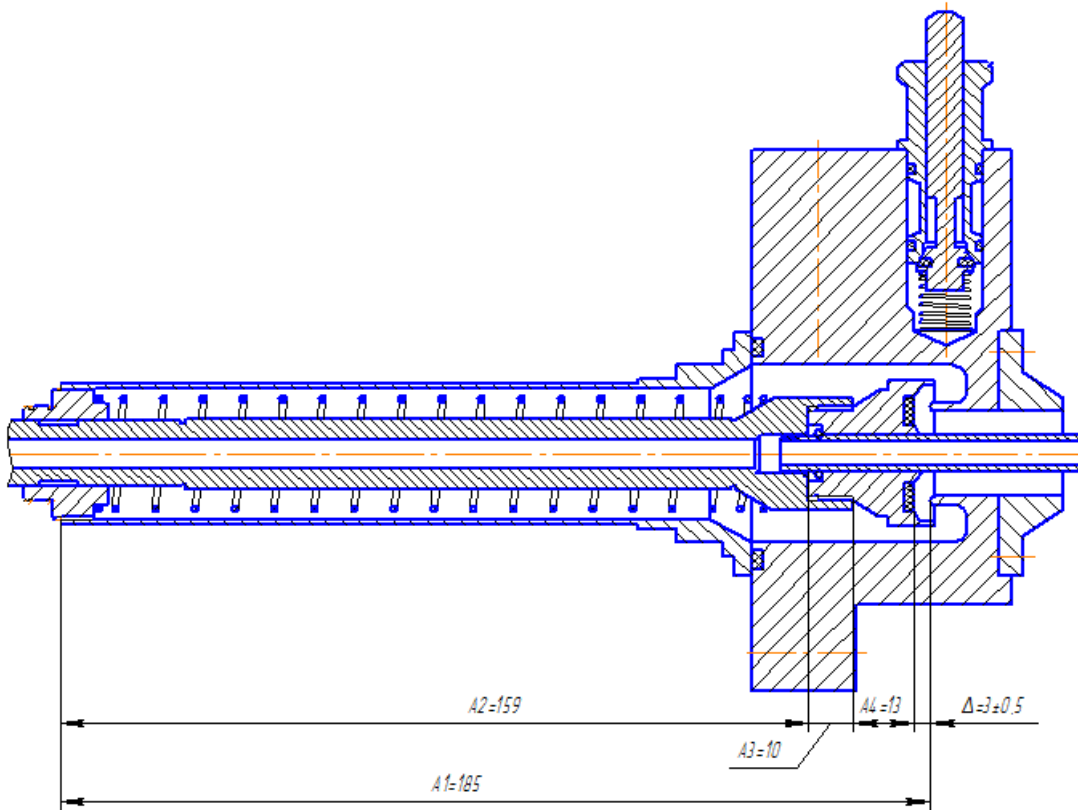


Рис. 8.2. Схема розмірного ланцюга

Будуємо розмірний ланцюг

$$A_1 = "185 \text{ H}12" \text{ мм}; A_2 = "159 \text{ IT}12" \text{ мм}; A_3 = "10 \text{ h}10" \text{ мм};$$

$$A_4 = "13 \text{ js}10" \text{ мм}.$$

Визначаємо номінальне значення невідомої ланки, яке дорівнює різниці між сумою номінальних розмірів збільшуючих ланок і сумою номінальних розмірів зменшуючих ланок

$$\Delta = A_1 - (A_2 + A_3 + A_4) \rightarrow 185 - (159 + 10 + 13) = 3 \text{ мм};$$

Визначимо поля допусків для всіх розмірів

$$Td_1 = 0.46 \text{ мм}; A_{1\max} = A_1 + es_1 \rightarrow 185 + 0.46 = 185.46 \text{ мм};$$

$$A_{1\min} = A_{1\max} - Td_1 \rightarrow 185.46 - 0.46 = 185 \text{ мм};$$

$$Td_2 = 0.4 \text{ мм}; A_{2\max} = A_2 + es_2 \rightarrow 159 + 0.2 = 159.2 \text{ мм};$$

$$A_{2\min} = A_{2\max} - Td_2 \rightarrow 159.2 - 0.4 = 158.8 \text{ мм};$$

$$Td_3 = 0.058 \text{ мм}; A_{3\max} = A_3 + es_3 \rightarrow 10 + 0 = 10 \text{ мм};$$

$$A_{3\min} = A_{3\max} - Td_3 \rightarrow 10 - 0.058 = 9.942 \text{ мм};$$

$$Td_4 = 0.07 \text{ мм}; A_{4\max} = A_4 + es_4 \rightarrow 13 + 0.035 = 13.035 \text{ мм};$$

$$A_{4\min} = A_{4\max} - Td_4 \rightarrow 13.035 - 0.07 = 12.965 \text{ мм};$$

Визначимо Δ_{\max} невідомої ланки:

$$\Delta_{\max} = A_{1\max} - (A_{2\min} + A_{3\min} + A_{4\min});$$

$$\Delta_{\max} \rightarrow 185.46 - (158.8 + 9.942 + 12.965) = 3.753 \text{ мм}.$$

Визначимо Δ_{\min} невідомої ланки:

$$\Delta_{\min} = A_{1\min} - (A_{2\max} + A_{3\max} + A_{4\max});$$

$$\Delta_{\min} \rightarrow 185 - (159.2 + 10 + 13.035) = 2.765 \text{ мм}.$$

Визначимо допуск невідомої ланки

$$Td_{\Delta} = \Delta_{\max} - \Delta_{\min} \rightarrow 3.753 - 2.765 = 0.988 \text{ мм}.$$

$$Td_{\Delta} = Td_1 + Td_2 + Td_3 + Td_4;$$

$$Td_{\Delta} \rightarrow 0.46 + 0.4 + 0.058 + 0.07 = 0.988 \text{ мм}.$$

Задача вирішена вірно. $\Delta = 3 \begin{matrix} 0.295 \\ -0.475 \end{matrix}$.

Висновок: при обраних допусках на розміри складального вузла, розрахункове значення останнього не перевищує заданого параметра. Отже, точність вихідної ланки забезпечується повною взаємозамінністю.

8.3 Технологічна схема складання виробу

Конструкція механізму має декілька складальних вузлів, які можливо збирати незалежно один від одного, тому можлива вузлова зборка виробу. Але неможливо одночасне приєднання декількох вузлів до базового елемента через його конструкцію. При послідовному з'єднанні можлива механізація процесу складання. Більшість кріпильних виробів - стандартні, що дозволяє застосовувати простий інструмент. В даному виробі основним базовим елементом є корпус, до якого приєднуються всі деталі і вузли. Технологічна схема збирання показує, в якій послідовності необхідно приєднувати і закріплювати один до одного елементи, з яких збирається виріб. Такими елементами є деталі, комплекти, вузли, під вузли та складальні одиниці. Під деталлю при складанні збірки розуміють первинний елемент виробу (базова деталь), характерною ознакою якого є відсутність в ньому роз'ємних і нероз'ємних з'єднань. Складальна ж одиниця являє собою елемент виробу, що складається з двох або більше деталей, з'єднаних в одне ціле, яке не роз'єднується при зміні положення у вузлі. Характерною відмінною ознакою складальної одиниці є можливість її складання незалежно від інших елементів виробу. Для складання технологічної схеми збирання всі складальні одиниці, що входять у виріб умовно розділимо на групи і підгрупи. Групою будемо вважати складальну одиницю, що входить у виріб. Технологічну схему збирання складаємо на основі складального креслення виробу, яка показує, в якій послідовності необхідно приєднувати один до одного елементи, з яких складається виріб. Кожен елемент виробу будемо зображати у вигляді прямокутника розділеного на три частини. У його верхній частині дається найменування виробу, в лівій нижній частині вказуємо числовий індекс, що відповідає номеру цього елемента на складальному кресленні та згідно прийнятої специфікації, у правій нижній частині кількість приєднувальних елементів. Порядок складання технологічної схеми зборки розпочинаємо з призначення базового елемента.

Базовим елементом назвемо деталь, з якої починаємо збирання виробу. Такий алгоритм складання технологічної схеми полегшує подальше проектування технологічного процесу складання, дозволяє оцінити технологічність конструкції виробу з точки зору можливості розчленування збірки на загальну і вузлову і гарантує від пропуску деталей, що входять у виріб.

Розроблена технологічна схема збірки наповнювача представлена на аркуші формату А1 графічної частини магістерської роботи.

При складанні виробу в якості базового елемента на початковому етапі застосовують корпус наповнювача, що базується на нижній опорній площині. Для реалізації направляючої і опорної баз використовуємо отвори в нижній частині корпусу, призначені для кріплення наповнювача на рамі.

Таблиця 8.1

Технологічний маршрут процесу складання

№ операції	Операція	Зміст операції, переходів
10	Встановити в корпус 22 кришку 13, гумове кільце 7	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити корпус в пристосування 2. Встановити кришку в корпус 3. Кріпити кришку болтами 4. Встановити гумове кільце в паз корпусу 5. Зняти корпус 6. Перемістити корпус на наступну позицію
20	Встановити гумове кільце 11 в сідло клапану 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити сідло клапану в пристосування 2. Обдути стисненим повітрям паз 3. Встановити гумове кільце 4. Зняти сідло клапану 5. Перемістити сідло клапану на наступну позицію

№ операції	Операція	Зміст операції, переходів
20.1	Встановити гумове кільце 10 в клапан 14	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити клапан в пристосування 2. Обдути стисненим повітрям паз 3. Встановити гумове кільце 4. Зняти клапан 5. Перемістити клапан на наступну позицію
20.2	Встановити сідло клапану 3 на клапан 14	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити клапан в пристосування 2. Обдути стисненим повітрям отвір 3. Встановити сідло клапану 4. Зняти клапан в зборі 5. Перемістити клапан в зборі на загальну збірку
30	Встановити на перехідник 15 кільце 9, трубку рівня 20, кільце 8, зонтик 5, трубку направляючу 21	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити перехідник в пристосування 2. Обдути стисненим повітрям 3. Встановити кільце в паз 4. Змастити трубку рівня індустріальним маслом 5. Запресувати трубку рівня в перехідник 6. Встановити гумове кільце 7. Встановити зонтик 8. Встановити трубку направляючу 9. Зняти перехідник в зборі 10. Перемістити перехідник в зборі на загальну збірку
40	Встановити на пробку 16 гумове кільце 6, втулку 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити втулку в пристосування 2. Встановити в гумове кільце на пробку 3. Встановити пробку у втулку 4. Зняти пробку в зборі 5. Перемістити пробку в зборі на загальну збірку

№ операції	Операція	Зміст операції, переходів
50	Встановити в корпус 22 пружину 19,	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити корпус в пристосування 2. Встановити пружину 3. Встановити клапан в зборі 4. Зняти корпус в зборі 5. Перемістити корпус в зборі на наступну позицію
60	Встановити в корпус 22 пружину 18, втулку направляючу 2, гайку 4, пружину 17, пробку в зборі	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити корпус в зборі в пристосування 2. Встановити пружину 3. Встановити втулку направляючу 4. Встановити гайку 5. Встановити пружину 6. Встановити пробку в зборі 7. Зняти наповнювач в зборі

9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

Методи проведення монтажу обладнання

У залежності від послідовності виконання будівельних і монтажних робіт методи виробництва останніх діляться на сполучений і послідовний, а в залежності від організації робіт - на потоковий і рівнобіжний. При сполученому методі одночасно виконують будівельні й монтажні роботи. Цей метод застосовують із метою скорочення тривалості спорудження об'єкта в тих випадках, коли забезпечуються безпека виконання робіт і їхня якість. Монтаж устаткування в цьому випадку починають до перекриття будинку й монтажу мостових кранів із використанням наземних вантажопідіймальних та транспортуючих засобів відкритим способом. Однією з важливих умов застосування цього методу є ведення робіт відповідно до розробленого графіка, узгодженого з усіма будівельно-монтажними організаціями, що беруть участь у будівництві. Послідовний метод передбачає виконання монтажу устаткування після завершення будівництва й оздоблення споруди. Цей метод застосовують за умови, що обладнання повинно монтуватися після завершення будівельних і опоряджувальних робіт. Поточковий метод передбачає послідовне ведення будівельних і монтажних робіт спеціалізованими бригадами. Монтажні бригади спеціалізуються за видами робіт, наприклад, із монтажу мастильної апаратури, гідравлічного устаткування й ін. Рівнобіжний метод передбачає одночасний монтаж устаткування на всіх ділянках об'єкта. Цей метод застосовується після завершення будівельних робіт водночас по усьому об'єкту. При всіх розглянутих методах найбільше ефективним є великоблоковий монтаж устаткування. Монтажні блоки готують на площадках попереднього складання, або постачаються заводами - виробниками устаткування. Частка останніх у загальній кількості постаченого укрупненого устаткування постійно зростає. Кількість часу і вартість складання устаткування на машинобудівному заводі значно менші, а якість вища, ніж у разі виконання складальних робіт на монтажних майданчиках. Попереднє складання і максимальне укрупнення вузлів є головною умовою сучасного швидкісного і якісного монтажу устаткування. Як правило, попереднє складання здійснюється на монтажних стендах одночасно з будівництвом будинку цеху й спорудженням фундаментів під устаткування. Механізація підготовчих і монтажних робіт досягається шляхом широкого застосування потужних вантажопідіймальних механізмів (мостових, баштових і стрілових самохідних кранів) і такелажних засобів і пристосувань.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С. Ю.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Бірюновський С. О.	<i>Назва, додаткова назва</i> Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	18-2020.МР.14.009 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В. Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

Правила експлуатації обладнання

Експлуатація обладнання харчової промисловості включає комплекс організаційно-технічних заходів, що забезпечують надійність і довговічність обладнання, тобто здатність його виконувати роботу з належною точністю й швидкістю протягом певного часу до повного фізичного або морального зношування. Експлуатація технологічного обладнання включає: пуск машини; регулювання швидкості або короткі зупинки під час технологічного процесу; повну зупинку й відключення машини від енергоживлення по закінченні зміни; виконання окремих технологічних операцій; технічний догляд і нагляд за машиною; спостереження під час експлуатації й підготовка до ремонту.

Перший пуск розливного автомата слід зробити в при присутності сервісу виробника. Представники сервісу виробника проведуть також навчання працівників користувача, що дає гарантію подальшої правильної експлуатації розливного автомата. В цей же час проводиться перевірка правильності установки і монтажу машини в системі лінії розливу. Підключення до електромережі електродвигуна, потім заливку маслом коробки вузла приводу виконує сервіс виробника.

Перед пуском розливного автомата слід запустити в хід транспортер пляшок. Коли пляшки підійдуть до черв'яка і встановиться необхідний рівень рідини в баку, натисканням кнопки пускаємо в дію розливний автомат. Після закінчення роботи розливного автомата бак і розливні прилади слід мити напірною водою (автоматична система мийки). В деяких випадках рекомендується застосовувати воду з додаванням пом'якшувальних засобів, потім полоскати чистою водою.

Щотижневе миття відрізняється від вищенаведеного способу тим, що після миття водою слід наповнити бак 1% розчином соди, витримати близько 2-х годин і потім видалити цей розчин через розливні прилади. Після цього трубопроводи і бак з розливними приладами слід полоскати теплою водою близько 20 хвилин. Щомісяця слід також розібрати розливні прилади й старанно помити всі їх частини, оглядаючи одночасно гумові елементи, пружини і сітки розливних приладів. Слід пам'ятати, що миття і огляд розливних патрубків гарантує правильний розлив, тому наведених вище вимог необхідно, безумовно, дотримуватися.

Щозмінний технічний догляд за обладнанням здійснюють один раз у зміну. Результати контролю роботи обладнання заносять у спеціальний журнал, запис у якому ведеться працівником, за яким закріплена машина. З метою перевірки технічного стану обладнання, виявлення й усунення несправностей і попередження аварій, періодичний

технічний догляд проводиться за графіком планово-попереджувальних ремонтів обладнання.

Планування та проведення ремонтів обладнання

Технічне обслуговування та ремонт обладнання виконується силами змінного, чергового та ремонтного персоналу. Ремонти, за об'ємом робіт та періодичністю, поділяють на поточні, середні та капітальні. Метою капітального ремонту є відновлення стану машини суто до рівня, що відповідає рівню передбаченому проектом.

Метою поточних та середніх ремонтів є підтримка на достатньому рівні працездатності машини. Вартість поточних та середніх ремонтів входить в собівартість продукції. Капітальні проводяться за рахунок амортизаційних відрахувань. Первинним документом, що фіксує поточний стан устаткування, результати проведених ремонтів і терміни служби деталей у машинах, є агрегатний журнал. Спеціальним документом, що уточнює потрібну кількість деталей і матеріалів, а також обсяг ремонтних робіт є відомість дефектів устаткування. Відомість дефектів складається цехами приблизно за 5 днів до поточного ремонту і за 6 місяців до планованого зупинки агрегату на капітальний ремонт, після рішення заводської комісії про необхідність проведення капітального ремонту.

Підґрунтям для планування і проведення ремонтних робіт слугують річні й місячні графіки ремонтів устаткування. Річний графік складають для кожної одиниці обладнання цеху на основі даних про стан устаткування, узятих з агрегатних журналів, вирішення, комісії підприємства з обстеження агрегатів, намічених до капітального ремонту і загального заводського плану зупинки устаткування цеху на капітальний ремонт. У річному графіку з точністю до 1 декади, планують огляди, ремонти, вказуючи, скільки разів за рік, коли, на який вид ремонту і на скільки часу повинна бути зупинена кожна машина чи апарат (при розосередженому методі ремонту). Місячні графіки слугують для уточнення й коригування річних графіків. Потребу в запасних частинах установлюють на основі номенклатурних списків кожного агрегату після підсумовування по цехах і всьому підприємстві в цілому з метою точного визначення норм запасу деталей і металу, потрібного для їхнього виготовлення. Для деталей, термін служби яких не перевищує шести місяців, і спеціальних деталей установлюють розмір найменшого запасу. Графіки виконання робіт бувають лінійні та мереживі. Лінійний графік уявляє собою таблицю в якій наведено перелік подій та час їх проведення. використовують графіки постачання обладнання, руху робочої сили, ремонту або ремонтів, монтажу та інші. Ці графіки можуть робитись загальні для усіх виконавців та окремі для кожного.

10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування

10.1. Обґрунтування необхідності автоматизації даного обладнання

У порівнянні з іншими галузями у сфері автоматизації, на сучасному етапі, харчова промисловість займає одне з провідних місць. На даний момент ще багато операцій виконується вручну, без використання засобів автоматизації та механізації. Тому виникає необхідність автоматизації виробничих процесів з метою підвищення продуктивності праці, безпечності роботи та полегшення обслуговування обладнанням.

Автоматизація виробничих процесів у галузі харчової промисловості є досить актуальним напрямом модернізації обладнання. Постійно вдосконалюються старі та впроваджуються нові машини та обладнання, які в основному працюють автоматично, без участі людини.

Так як основна частина робіт на лінії розливу безалкогольних газованих напоїв виконується автоматично, то автоматизація в даному випадку є лише вдосконаленням існуючої. Вона дасть змогу швидше реагувати на зупинки в роботі завдяки встановленим приладам та сигналізації. Завдяки цьому збільшиться практична продуктивність праці, підвищиться час корисної дії більшості механізмів.

Всі прилади та засоби автоматизації є доступними, що робить розроблену схему реальною для впровадження.

Після запропонованого технічного переоснащення ділянки цеху розливу маємо змогу автоматично контролювати тиск CO₂ та повітря, слідкувати за витратою готового напою, контролювати рівень мастила в автоматі, автоматично відбраковувати неякісну продукцію, а також залежно від наявності продукту на транспортерах автоматично відбуватиметься зупинка або пуск обладнання.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюновський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування	18-2020.МР.14.010 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/5

10.2. Аналіз ділянки цеху, що автоматизується.

Ділянка розливного цеху, що автоматизується складається з наступного обладнання: розливний автомат, закупорна машина та системи транспортерів.

Готовий напій через витратомір із сатуратора подають в бак розливочного автомата, також в бак надходить CO₂ з надлишковим тиском 4 бари, для утримання CO₂ у вже насиченому напої.

Пляшки з видувної машини поступають на пластинчастому транспортері на столики розливочного автомата. Повітря подається в пневмоциліндри столиків з надлишковим тиском 4-6 атм, підіймаючи пусту пляшку до наповнювача.

Далі пляшка надходить, за допомогою передаючих зірочок, в патрони закупорної машини. По пневмотранспортеру подаються пробки для закупорювання. Готова продукція транспортером відводиться на інші технологічні операції.

10.3. Опис схеми автоматизації.

Для того, щоб запустити технологічний процес на ділянці приводимо в рух приводи транспортерів входу та виходу пляшок, за допомогою двигунів, що включається в роботу від магнітних пускачів КМ1, КМ10 та кнопчних станцій SB1, SB6.

Відкриваємо клапан подачі напою 3а за допомогою магнітного пускача КМ3 та кнопчної станції SB2, сигналізує про відкриття клапана лампа HL2. Потім відкриваємо клапани подачі повітря ба та CO₂ 5а, тиск в трубопроводах подачі фіксується первинними приладами – диференціальними манометрами 7а,8а з дистанційною передачею на вторинний прилад на щит управління 7б,8б. Про відкриття клапанів сигналізують лампи HL4, HL5.

Пляшка по пластинчастому транспортері рухається до розливочного автомата, про наявність пляшки сигналізує фотоелектричний датчик 2а, який передає електричний сигнал на вторинний прилад – блок індикації 2б, потім сигнал йде на магнітний пускач КМ2, що і приводить в рух розливочний автомат двигуном.

Для підтримання рівня напою (50-250 мм.) в баку автомата використовується первинний перетворювач 4а – електронний сигналізатор з двома датчиками, сигнали від яких надходять на вторинний прилад 4б, що керує роботою двигуна насоса, лампа НL3 сигналізує про малий рівень напою в баці. Витрату напою показує вторинний вимірювальний прилад 12б з первинним перетворювачем – дифманометр 12а.

Про наявність наповненої пляшки на столику автомата сигналізує первинний прилад – індукційний датчик 11а, сигнал від якого надходить до вторинного приладу 11б, що керує через магнітні пускачі КМ8, КМ9 двигунами закупорної машини та вентилятора – подачі пробки через пневмотранспортер.

На виході з закупорної машини стоїть датчик 14а, який сигналізує невідповідність рівня напою в пляшці, сигнал від нього йде на двигун відбракувального пристрою.

Рівень мастила в автоматі показує вторинний прилад 10б з первинним перетворювачем – ємнісним датчиком 10а.

В технологічному процесі для дезінфекції автомата використовується каустик, який подається за допомогою насоса з двигуном та магнітним пускачем КМ7.

10.4 Завдання на розроблення схеми автоматизації.

Таблиця 10.1.

№	Вузол	Параметр, місце відбору сигналу	Допустимі значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю	Додаткові вимоги	Примітки
1.	Трубопровід напою	Витрата напою, перед розливочним автоматом	20 м ³ /год	Контроль	Покази, реєстрація		
2.	Бак розливного автомата	Рівень, бак розливочного автомата	50-250 мм.	Регулювання, сигналізація	Стабілізація	Вплив на витрату напою	
3.	Бачок з мастилом	Рівень, бачок з мастилом	300 мм.	Контроль	Покази		
4.	Трубопровід CO ₂	Тиск, перед розливочним автоматом	4 бар.	Контроль	Покази		
5.	Трубопровід повітря	Тиск, перед розливочним автоматом	4-6 бар.	Контроль	Покази		
6.	Транспортер	Наявність пляшки перед розливочним автоматом		Управління	Включення, виключення	Вплив на двигун розливочного автомата	
7.	Наповнювач розливочного автомата	Наявність пляшки, наповнювач		Управління	Включення, виключення	Вплив на двигуни укупорочної машини та вентилятора	
8.	Транспортер	Рівень наповненої пляшки		Управління	Включення, виключення	Вплив на двигун відбракувальника	

10.5 Замовна специфікація на прилади та засоби автоматизації.

Таблиця 10.2.

Номер позиції	Параметр	Граничне значення	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виготовник
7а,8а	Тиск	4,0 МПа	За місцем	Диференціальний манометр з дистанційною передачею. Межі вимірювання 0...10 б МПа. Клас точності 1,5.	ДМ-3	2	Завод КІП, м. Харків
7б,8б	Тиск	4,0 МПа	На щиті	Прилад вторинний з перетворювачем постійного струму 0...5 мА	КСУ2-028	2	Львів-прилад, м. Львів
4а	Рівень	0.25м.	Збірник	Електронний сигналізатор рівня з двома датчиками. Похибка спрацювання ± 10мм.	ЕСУ-2М	1	Завод КІП, м. Харків
10а	Рівень	0.15м.	Збірник	Електронний сигналізатор рівня. Похибка спрацювання ± 10мм. Датчик ємнісний, стержневий.	ЕСУ-1М	1	Завод КІП, м. Харків
12а	Витрати	20 м ³ /год	Трубопровід	Дифманометр з дифтрансформаторною передачею. Клас точності 1,5.	ДМИ-Р	1	Завод КІП, м. Харків
12б	Витрати	20 м ³ /год	На щиті	Вторинний вимірювальний прилад. Клас точності 1,0 .	РП-160	1	Завод вимірювальних приладів, м. Галічн .
2а	Кількість		На місці	Фотоелектричний датчик.	ДФ	1	Завод КІП, м. Харків
2б	Кількість		На щиті	Блок індикації.	БИМ	1	Завод КІП, м. Харків
КМ1,КМ2, КМ3,КМ4, КМ5,КМ6, КМ7,КМ8, КМ9, КМ10, КМ11.			На місці	Магнітний пускач	ПМЕ-111	11	ООО СВ Альтера, м.Київ
SB1,SB2, SB3,SB4, SB5,SB6.			На щиті	Кнопочна станція	ПКЕ-222	9	ООО СВ Альтера, м.Київ

Висновок

Прогнозується, що провадження даної схеми автоматизації призведе до спрощення виконання технологічних операцій, покращенню умов праці та підвищенню якості продукції.

11. Заходи з охорони праці

Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при роботі обладнання

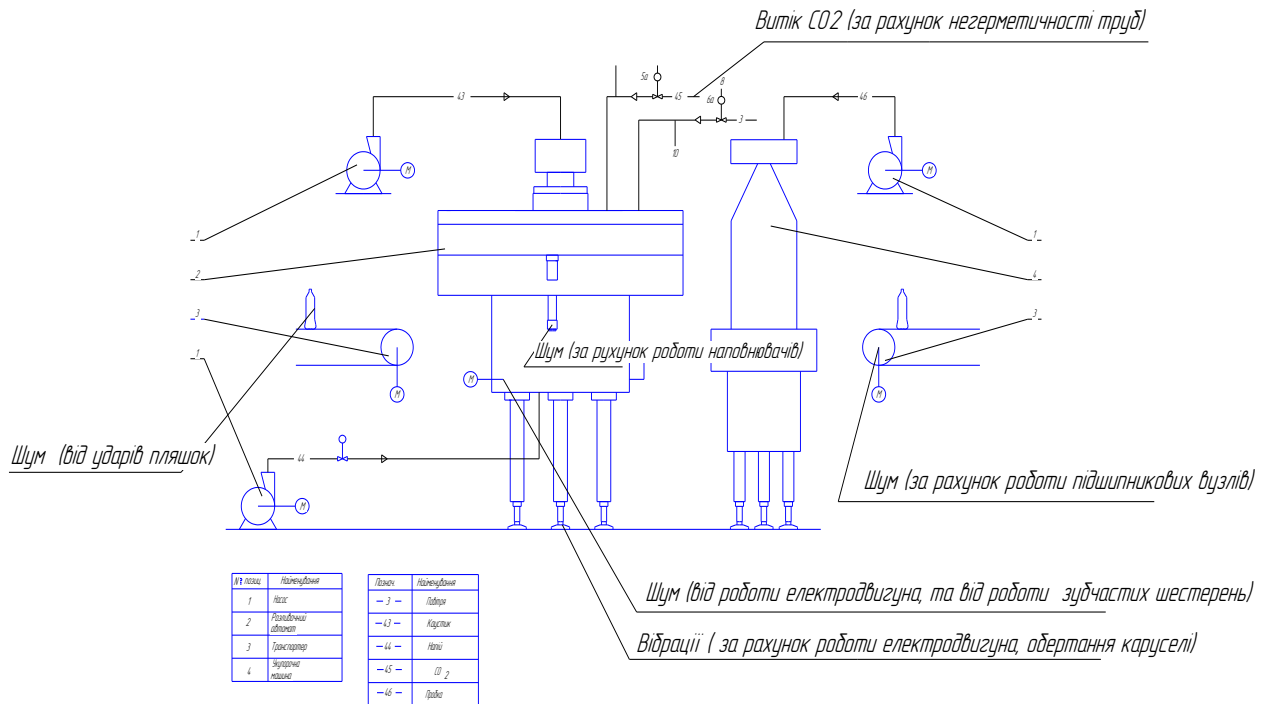


Рис. 11.1. Схема небезпечних і шкідливих факторів, які виникають під час роботи машини-автомата

Розливний автомат фірми “Simonazzi” призначений для фасування рідких газованих напоїв в ПЕТ-пляшку різної місткості. В технологічному процесі розливу використовується газ CO_2 для насичення напоїв. Тоді одним із основних небезпечних факторів при роботі розливного автомата можна вважати викиди CO_2 . Цей газ потрапляє в робочу зону через порушення цілісності трубопроводів подачі і відведення його в атмосферу, а також коли не забезпечується герметичність обладнання цеху. Для запобігання нещасних випадків з цієї причини проводиться періодичний контроль проби повітря в робочій зоні з урахуванням місць утворення викидів і шляхів, якими вони потрапляють в цю зону.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лементар С. Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бірюновський С.О.	Назва, додаткова назва Заходи з охорони праці		18-2020.МР.14.011 ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В. Г.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/8

В цеху проводиться такий ряд заходів для забезпечення і підтримання чистоти повітря робочого середовища:

- запобігання проникненню всіх шкідливих речовин в повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань та отворів;
- повне видалення шкідливих речовин, які потрапляють в повітря робочої зони за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів;
- застосування засобів захисту персоналу.

Крім цього, небезпечними виробничими факторами на ділянці також є:

- електричний струм;
- механізми, що рухаються.

Основними шкідливими виробничими факторами є:

- вібрація;
- шум.

Вимоги щодо забезпечення належних умов праці на підприємствах

Закон України «Про охорону праці», введений Постановою Верховної Ради у жовтні 1992 року зі змінами до Закону, внесеними Верховною Радою в грудні 2002р., визначає основні положення, які стосуються реалізації конституційного права працівників на охорону життя і здоров'я у процесі трудової діяльності та на належні і безпечні умови праці.

Це право закріплюється державною політикою в галузі охорони праці, яка:

- признає пріоритет життя і здоров'я працівників;
- встановлює повну відповідальність кожного власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- встановлює єдині нормативи та правила з охорони праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їх діяльності;

- здійснює навчання, періодичну підготовку і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці.

Це право підтверджується тим, що при укладенні трудового договору власник зобов'язаний проінформувати працівника, під розписку, про умови праці на підприємстві та наявності на робочому місці, де він буде працювати, небезпечних і шкідливих виробничих чинників та можливих наслідків їх впливу.

Це право підтверджується можливістю працівника відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, і навколишнього середовища.

На роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці, а також всіх роботах, пов'язаних із забрудненням або здійснюваних у несприятливих температурних умовах, працівникам повинні видаватися безкоштовно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також миючі та знешкоджуючі засоби.

Відшкодування шкоди працівникові, заподіяної йому каліцтвом або іншими ушкодженнями здоров'я, під час виконання ним трудових обов'язків, здійснюється Фондом соціального страхування від нещасних випадків згідно з Законом України "Про обов'язкове соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві і профзахворювання, що привело до втрати працездатності".

В свою чергу працівник зобов'язаний:

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведіння з машинами і механізмами; користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- додержувати зобов'язання щодо охорони праці, які передбачені колективним договором та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства;

- проходити у встановленому порядку попередні та періодичні медичні огляди;
- співробітничати з власником у справі організації безпечних умов праці;
- особисто вживати посильні заходи щодо усунення будь-якої виробничої ситуації, яка створює загрозу його життю чи здоров'ю або людям, які його оточують, і навколишньому природному середовищу; при виникненні небезпечної ситуації повідомляти свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу.

Загальні положення інструкції для оператора розливної машини

Інструкція визначає порядок, способи та умови безпечного виконання машиністами розливної машини (РМ) покладених на них обов'язків, а також правил безпечної поведінки на робочому місці та території підприємства.

1.2 Кожний машиніст розливної машини повинен вивчити, знати і виконувати вимоги і положення даної інструкції в повному обсязі і дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, що діють на підприємстві; виконувати розпорядження і вказівки керівників цеху, якщо вони не суперечать вимогам безпечної організації праці.

1.3 Інструкція з охорони праці за професією отримується працівником під розписку і повинна бути на робочому або спеціально відведеному місці.

1.4 Крім того машиніст розливної машини повинен знати і виконувати вимоги:

- загальних правил безпеки для працівників підприємства;
- технологічної інструкції;
- правил технічної експлуатації обладнання, що обслуговується;
- положення про наряд-допуск;
- інструкції про застосування биркової системи;
- правил безпеки у газовому господарстві;

- інструкції з охорони праці для суміжних професій під час виконання певних робіт;

- правил пожежної безпеки;

- правил електробезпеки.

1.5 До роботи машиністом розливної машини допускаються особи чоловічої статі віком не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і визнані придатними для даної роботи, навчання за спеціальністю, спеціальне навчання щодо виконання робіт підвищеної небезпеки, пройшли вступний інструктаж, інструктаж на робочому місці, інструктаж на другу групу електробезпеки, склали іспити кваліфікаційній комісії, мають посвідчення за професією.

1.6 Кожний машиніст, що знов влаштовується на роботу, повинен пройти вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж з пожежної безпеки. Запис про проведення вступного інструктажу заноситься в спеціальний журнал, а також в документ про приймання працівника на роботу.

1.7 Первинний інструктаж проводиться на робочому місці безпосереднім керівником - старшим змінним майстром у формі розмови з показом прийомів безпечного виконання робіт.

1.8 Після проведення первинного інструктажу на робочому місці працівник, який вперше став до роботи, за розпорядженням начальника цеху закріплюється до кваліфікованого працівника для практичного навчання безпечним прийомам і методам роботи на робочому місці терміном, який встановлюється на підприємстві. Працівник переведений з іншої дільниці цеху, який не має кваліфікації (посвідчення) машиніста розливної машини, повинен навчатися згідно з затвердженим на підприємстві тематичним планом; працівник, який має кваліфікацію за даною професією при перерві в роботі більш як 1 рік, проходить стажування від 2-х до 15 змін.

1.9 Після закінчення терміну навчання працівник повинен пройти перевірку знань з охорони праці комісією під головуванням начальника цеху або його заступника за участю громадського інспектора (уповноваженого) з охорони праці. Лише при виявленні достатніх знань технології і безпечних прийомів праці працівник рішенням комісії може бути допущений до роботи за фахом.

1.10 Працівник, який не підтвердив знання інструкції з охорони праці та прийомів безпечного виконання робіт, не допускається до самостійної роботи до проведення додаткового інструктажу і додаткової перевірки знань.

1.11 Повторні інструктажі з охорони праці повинні проводитися щоквартально, а чергові перевірки знань - один раз на рік з записом у журналі реєстрації інструктажів.

1.12 Позаплановий та цільовий інструктажі повинні проводитися згідно з вимогами Типового положення про навчання з охорони праці (ДНАОП 0.00-4.12-99). Не можна допускати до роботи, а працівникові приступати до неї без перевірки знань правил, норм та інструкцій з охорони праці.

1.13 Машиніст розливної машини повинен проходити періодичні (на протязі трудової діяльності) медичні огляди.

1.16 Машиніст розливної машини виявивши порушення, яке може призвести до аварії або нещасного випадку, повинен його усунути, а якщо порушення усунути неможливо, треба повідомити про нього безпосередньому керівникові.

1.17 Машиніст розливної машини повинен бути забезпечений спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно з встановленими нормами і з урахуванням вимог колективного договору:

При цьому необхідно дотримуватись правил носіння спецодягу і спецвзуття, а також користуватися засобами захисту від шуму.

1.18 При отриманні травми, необхідно звернутися в медпункт і повідомити про це майстра. В разі нещасного випадку потерпілому необхідно

надати першу допомогу, повідомити майстра і викликати чергового фельдшера, якщо потерпілий сам не зможе пересуватися. Необхідно забезпечити збереження обставин, при яких стався нещасний випадок, якщо це не може призвести до аварії чи інших небезпечних ситуацій.

1.19 Машиніст розливної машини повинен виконувати такі вимоги внутрішнього трудового розпорядку:

- виконувати тільки ті роботи, які доручені з дотриманням вимог інструкцій з охорони праці;

- не розпочинати роботу, якщо умови її виконання суперечать інструкції з охорони праці або іншому документу, який регламентує безпечне виконання робіт;

- не допускати на робоче місце осіб, роботи яких не пов'язані з виробництвом;

- утримувати своє робоче місце і устаткування в справному стані і чистоті;

- додержуватися трудової дисципліни, не відлучатися зі свого робочого місця без дозволу майстра або бригадира.

1.20 Машиніст розливної машини повинен знати план ліквідації аварій в частині, яка відноситься до місця його роботи.

1.21 Машиніст розливної машини повинен вміти використовувати засоби пожежогасіння (пісок, вогнегасники) та інші первинні засоби. При виникненні пожежі необхідно повідомити керівництво цеху, викликати пожежну охорону, а до її прибуття вжити всіх заходів щодо ліквідації пожежі своїми силами, діючи відповідно до інструкції з пожежної безпеки.

1.25 При загорянні електропроводки, електроприладів, електрообладнання їх необхідно вимкнути від мережі і гасити піском або порошковими вогнегасниками.

1.26 При загорянні пально-мастильних речовин гасити полум'я водою не дозволяється. Для цього необхідно використовувати землю, пісок, вогнегасники.

Пропозиції щодо покращення умов праці в приміщенні

Для покращення умов праці необхідно забезпечити надійну електроізоляцію поверхонь устаткування та заземлення.

Також необхідно забезпечити подачу повітря належної якості в робоче приміщення за допомогою вентиляційної системи. Для цього спроектована припливно – витяжна комбінована вентиляція, розрахована на видалення тепловиділень, які надходять від технологічного обладнання, а також надмірного тепла від сонячної радіації для забезпечення нормативних метеорологічних та санітарно-гігієнічних умов в робочій зоні.

Зниження вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом зменшення сили, яка викликає коливання. Зниження вібрації може бути досягнуте зрівноваженням мас, зміною маси або жорсткості, зменшенням технологічних допусків при виготовленні і складанні, застосуванням матеріалів з великим внутрішнім тертям.

Щоб запобігти травмуванню та виникненню травмонебезпечних ситуацій потрібно утримувати обладнання і робоче місце в належному стані і своєчасно проводити його огляд.

Понизити рівень шуму на виробництві можна шляхом встановлення звукопоглинаючих перегородок та перекриттів, використанням сучасних механізмів та приводів з низьким рівнем шуму. Оскільки повністю уникнути шуму на робочому місці неможливо, тому потрібно використовувати засоби індивідуального захисту.

12. Охорона довкілля

На підприємстві у виробництві викидів шкідливих речовин немає. Всі основні показники складу повітря, ґрунту, води, сировини та продукції повинні контролюватися та відповідати таким вимогам:

- контроль за викидами в атмосферу шкідливих речовин – згідно до вимог ДСП 201 – 97 «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць від забруднення хімічними і біологічними речовинами»;

- охорона ґрунту від забруднень побутовими та виробничими відходами здійснювати – згідно вимог відповідних Державних СанПіН;

- забруднення водоймищ – правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджені Міністерством екологічної безпеки України від 02.1999р.

- контроль сировини і продукції – згідно методичних рекомендацій «Періодичність контролю продовольчої сировини та харчових продуктів за показниками безпеки», затверджені Наказом МОЗ України №329 від 02.07.2004 року.

Основною сировиною в даному виробництві та речовиною, яка використовується на технологічні потреби є вода, тому вона вимагає особливого контролю по її використанню та нагляду за якістю.

Джерелом виробничого водопостачання являються артезіанські свердловини витратою. Джерелом господарчо-питного і протипожежного водопостачання є існуючі мережі заводу, вода з яких використовується також на мийку підлог та устаткування, полив території та підживлення зворотної системи.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюновський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона довкілля	18-2020.МР.14.012 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

Витрати води із існуючого водопроводу не перевищують існуючих лімітів. Якість води з артезіанської свердловини і діючого водопроводу заводу відповідає ДСТУ 7525:2014 «Вода питна».

Скид побутових і виробничих стічних вод зазвичай відбувається в існуючі мережі каналізації заводу з подальшим відведенням їх в міський каналізаційний колектор.

Ливневі та стічні води з дахів існуючих будівель діючою закритою мережею відводяться в діючу ливневу каналізацію заводу і далі в міський колектор діаметром 1400мм.

Кількість і характеристика стічних вод

За характером забруднень стічні води від виробництва безалкогольних напоїв поділяються на такі категорії:

- забруднені стічні води;
- побутові стічні води;
- незабруднені стічні води;
- стічні води парогенератора;
- стічні води від власних потреб установки пом'якшення.

Контроль водоспоживання та водовідведення

Контроль за кількістю свіжої артезіанської води здійснюється за допомогою водоміра, встановленого в артезіанській свердловині. Контроль за кількістю свіжої води із існуючих мереж водопроводу заводу здійснюється за допомогою водомірів на вводі на майданчик заводу в існуючих корпусах.

Контроль за кількістю стічних вод ведеться розрахунковим методом на основі даних про водопостачання та водовідведення. Контроль за якістю питної води здійснюється лабораторією заводу, за якістю стічних вод – службою Держсаннагляду.

Показники використання водних ресурсів

1. Питомий показник водоспоживання на одиницю продукції становить – 0.013 м³ на 1 дал безалкогольних напоїв.

2. Питомий показник водовідведення на одиницю продукції – 0.0046 м³ на 1 дал безалкогольних напоїв.

3. Коефіцієнт використання зворотної води в загальному водоспоживанні:

$$K_{об.} = Q_{об.} / (Q_{об.} + Q_{дж.}) = 3230 / (3230 + 526.15) = 0.86$$

де $Q_{об.}$ – зворотна вода, м³/добу;

$Q_{дж.}$ – вода із джерела (свердловини), м³/добу.

Заходи по скороченню споживання води і зменшенню об'єму стоків

Раціональне використання водних ресурсів, скорочення водоспоживання та водовідведення проводиться за рахунок:

- введення контролю та регулювання водного режиму у водоемких технологічних процесах;
- впровадження систем зворотного водопостачання холодильної станції. Вода після охолодження устаткування холодильної станції під залишковим тиском поступає на охолоджувачі, звідки забирається насосом і знову подається на холодильну станцію;
- впровадження автономних систем зворотної води для охолодження технологічного устаткування, обладнання, які поставляються комплектно із технологічним обладнанням.

13. Маркетингове обґрунтування проекту

Українські компанії, які виробляють пакувальне обладнання

Завод пакувального обладнання «Термо-Пак» (м. Біла Церква)

Підприємство спеціалізується на виробництві та інсталяції комплексних ліній розливу, зокрема це пакувальне, етикетувальне обладнання, конвеєрні системи та обладнання для фасування і закупорювання продукції. У конструкторському бюро підприємства розробляють нові машини, орієнтуючись на сучасні потреби пакувальної індустрії. Завод випускає більше тисячі одиниць обладнання на рік.

За більш ніж 20 років продуктивної праці на українському ринку, ринках країн СНД, Європи та Азії компанія зарекомендувала себе як надійний технологічний партнер. Обладнання «Термо-Пак» успішно працює на підприємствах України («Світоч», «Рошен», «Вінницька кондитерська фабрика», «NEMIROFF», «Coca-Cola», «Оболонь», «Житомирський ЛВЗ», «Крафт Фудз Україна»), Росії, Казахстану, Молдови, Білорусії, Узбекистану, Вірменії, Грузії, Азербайджану, Латвії, Литви, Боснії, Фінляндії, Ірану, Сербії, Греції, Польщі, Македонії, Нідерландів тощо.

Введення в експлуатацію нового потужного виробничого комплексу у 2017 році дозволяє заводу розробляти індивідуальні технологічні рішення, орієнтуючись на стандарти якості завтрашнього дня.

«SIMAC Україна» (м. Львів)

Компанія пропонує обладнання для лінії розливу алкогольних і безалкогольних напоїв. Пропонує поставки як основного устаткування, так і запасних деталей чи комплектуючих механізмів. Забезпечує професійний шефмонтаж, технічну підтримку, навчання персоналу, гарантійне й післягарантійне обслуговування обладнання.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюнівський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Маркетингове обґрунтування проекту	18-2020.MP.14.013 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

ТОВ «Мелітопольпродмаш» (м. Мелітополь)

Компанія «Мелітопольпродмаш» вже довгий час на ринку виробників обладнання для ліній розливу напоїв, працює з підприємствами Узбекистану, України, Білорусі, Казахстану, Туркменістану. Серед асортименту продукції можна знайти обладнання для фасування, закупорювання, ополіскування, етикетувальні машини, а також транспортні системи для транспортування тари і готової продукції. Пропонує як повністю автоматичні рішення, так і напівавтоматичні машини, для тих підприємств, де можна обійтися без повністю автоматизованої техніки.

Обладнання цієї компанії призначене для випуску таких продуктів харчової промисловості: алкогольні і безалкогольні напої, мінеральних вод, тихі / ігристі напої, дитяче харчування, молочна продукція.

Група компаній «Пищемаш» (м. Мелітополь)

Пропонує наступний асортимент обладнання ліній розливу: автоматичне обладнання продуктивністю від 3000 до 6000 пляшок/год, від 6000 до 12000 пляшок/год і напівавтоматичне продуктивністю від 500 до 1000 пляшок/год, таке як: машини ополіскуючі; машини фасувально-закупорні; машини для візуального контролю пляшок (лінійного і карусельного типу); машини етикетувальні; пристрою транспортні для переміщення пляшок.

ТОВ «Виробниче підприємство «БАЗИС» (м. Бровари)

Компанія «БАЗИС» – виробник надійного пакувального обладнання для харчової та інших галузей промисловості. 20 років розробок і впровадження пакувального обладнання дозволили компанії накопичити величезний досвід у впровадженні технічних рішень для пакування різної продукції.

Враховуючи підтвержену вище наявність сучасних вітчизняних виробників пакувального обладнання, запропоноване нами технічне рішення може бути реалізоване силами даних виробників, що забезпечить значно нижчу, в порівнянні з закордонними виробниками, його ціну та вартість доставки, а також подальшого обслуговування.

Висновки

В даній магістерській роботі обґрунтовується технічне рішення спрямоване на інтенсифікацію процесу розливу води в розливному автоматі типу «SE» шляхом його модернізації.

Суть модернізації полягає в зменшенні габаритних розмірів вузла наповнення та переорієнтації розміщення наповнювачів в розливному автоматі, що дозволяє збільшити їх кількість з 40 до 50шт, що в свою чергу призведе до збільшення продуктивності.

Також для підвищення дисперсності бульбашок CO₂ в готовому продукті пропонується встановити кавітуючий елемент, робота якого змодельована в розділі 3 та прогнозується його висока ефективність при використанні в даному обладнанні.

Модернізована машина має такі переваги в порівнянні зі своїм аналогом: збільшується продуктивність з 8000 до 10000 пляш./год та підвищується якість продукції.

Для обґрунтування запропонованої модернізації виконано необхідні дослідження, розрахунки та креслення обладнання.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюновський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	18-2020.МР.14.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Миранчук В. Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Список використаних джерел

1. Котухов А.В., Жарко Н.А., Минчук В.С., Дежунов Н.В. Кавитация в водных растворах углекислого газа, ПФМТ, 4(41). 2019. С.17–22.
2. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Пакувальне обладнання : підруч. К. : ІАЦ "Упаковка", 2010. 436с.
3. Мирончук В.Г. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання харчових виробництв: конспект лекцій. / В.Г. Мирончук. – К.: НУХТ, 2007. 118 с.
4. Шестаков С.Д. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции»: Учебное пособие для вузов СПб.: ГИОРД, 2013. 152 с.
5. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред.. проф. І. Ф. Малежика. К.: НУХТ, 2003. 400с.: іл.
6. Анурьев В. И. Справочник конструктора - машиностроителя [В 3 т.] Москва : Машиностроение, 1982. (Т. 1. - 729 с. Т. 2. - 584 с. Т. 3. - 576 с.)
7. Гальперин Д. М., Миловидов Г. В. Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств. М: Агропромиздат, 1990.
8. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості : Підручник / Ладанюк А. П., Трегуб В. Г., Ельперін І. В., Цюцюра В. Д. Київ : Аграрна освіта, 2001. 224 с.
9. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник / Мирончук В. Г. та ін. Вінниця : Нова книга, 2004. 288 с.
10. Цехмістрова, Г. С. Основи наукових досліджень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. К. : ВД "Слово", 2003. 240 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С. Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Бірюновський С.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаних джерел		18-2020.MP.14.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Мирончук В. Г.</i>			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

11. Gireesan S. Modeling the effect of carbondioxide gas on cavitation. *Utrasonics Sonochemistry*, Vol. 34. 2017.. p. 721–728.
12. Методичні рекомендації до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Обладнання переробних і харчових виробництв» ден. та заоч. форм навчання [Електронний ресурс]. Уклад. В.Г. Мирончук, С.Ю.Лементар, О.А.Єщенко. К.: НУХТ, 2018. 41 с.