

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Механіко-машинобудівний інститут
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механізації
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О.Ф. Луцький
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)

на тему: Мобільний пристрій для зварювання
рідини

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи МА-81нп
(шифр групи)

Небесний Владислав Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник Луцький О.Ф. д.т.н., проф.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Консультант О.П. Бугаєв В.К. к.т.н. асп. Костюк А.І.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рецензент Г.Т.Н. проф. кафедри конструювання верстатів Шевченко О.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент Небесний Владислав Андрійович
(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут/факультет Механіко-машинобудівний інститут
(повна назва)

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механістики
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою

Спеціальність (спеціалізація) 131 Прикладна механіка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.Ф. Луговський
(підпис) (ініціали, прізвище)

« » 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Надесний Владислав Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Мобільний пристрій для регулювання рідких
науковий керівник дисертації Луговський О.Ф. проф. к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від «31» травня 2019 р. № 3800-С
2. Строк подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження Механічний мобільний ковзальний пристрій для регулювання рідких
4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) Частотно-регульована рухома калібруюча система з заданою висотою підняття рідини
5. Перелік завдань, які потрібно розробити Проектирувати і виготовити установочні та розрахункові системи опитних рідких, газових виготовлених конструкцій, аналіз властивостей опитних рідких, розрахунок відношення

модернізації аудиторського процесу установи,
розробити моделювання.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу включає 41 рисунок,
22 таблиці та 7 плакатів графічного матеріалу

7. Орієнтовний перелік публікацій за темою магістерської
дисертації було опубліковано 1 публікацію

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Потенціал ВКС	к.т.н. ст.в. Ковтун А.І.		

9. Дата видачі завдання Вересень 2018

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз існуючих аналогів в установі	10.11.18	
2	Проектируємо програму, яку виконуватиме робота	5.5.19	
3	Модернізуємо аудиторський процес	15.8.19	
4	Моделювання моделювання	20.11.19	

Студент


(підпис)

Ковтун В.А.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Ковтун О.Р.
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему : «Мобільний пристрій для знезараження рідини», складається з 6 розділів, обсяг пояснювальної записки 111 сторінок, включає 41 рисунок, 22 таблиці, та 7 плакатів графічного матеріалу.

Метою роботи є підвищення ефективності знезараження рідини в польових умовах за допомогою ультразвукових коливань для індивідуального використання. Магістерська робота містить такі розділи:

- Способи очищення рідини
- Технологія обладнання для ультразвукового, кавітаційного знезараження рідини
- Розрахунок віброприводу лінійних
- Технологічна частина
- Розроблення стартап-проекту
- Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Загалом під час виконання магістерської дисертації було проведено аналіз методів очищення води, розглянуто їх принцип використання, недоліки та переваги, обрано більш підходящий.

На етапах проектування мобільної установки для знезараження рідини були розглянуті попередні аналоги приладу, в результаті розроблена принципова схема, розглянуто її конструкцію та принцип роботи. Також були проведені лабораторні роботи по визначенню продуктивності ультразвукового знезараження рідини на існуючому пристрої та Проведено розрахунок лінійних переміщень

Ключові слова: *кавітаційна обробка, ультразвукове очищення, мобільний пристрій, модернізація.*

ABSTRACT

Master's thesis on the topic: "Mobile fluid disinfection device", consists of 6 sections, volume of explanatory note 111 pages, includes 41 drawings, 22 tables, and 7 posters of graphic material.

The purpose of the work is to improve the efficiency of fluid disinfection in the field using ultrasonic vibrations for individual use. The master's thesis contains the following sections:

- Methods for cleaning the liquid
- Technology of equipment for ultrasonic, cavitation fluid disinfection
- Calculation of linear linear drive
- The technological part
- Development of a startup project
- Occupational safety and security in emergency situations

In general, during the master's thesis, the methods of water purification were analyzed, their principle of use, disadvantages and advantages were considered, and a more suitable one was chosen.

At the stages of designing a mobile fluid disinfection plant, the previous analogues of the device were considered, as a result, a schematic diagram was developed, its design and principle of operation were considered. Also, laboratory work was carried out to determine the performance of ultrasonic fluid disinfection on the existing device and the calculation of linear displacements

Keywords: *cavitation processing, ultrasonic cleaning, mobile device, modernization.*

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Мобільний пристрій для знезараження рідини

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ РІДИНИ	12
1.1. Дистиляція води.....	12
1.2. Іонний обмін (пом'якшення води)	13
1.3. Адсорбція вугільним фільтром	14
1.4. Озонування.....	16
1.5. Зворотній осмос	18
1.6. Ультрафіолетове (УФ) випромінювання.....	20
1.7. Ультрафільтрація	21
1.8. Хлорування води.....	22
1.9. Ультразвукове знезараження води	23
1.10 Висновки по розділу 1	25
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО, КАВІТАЦІЙНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ РІДИНИ.....	27
2.1. Розглянуті аналоги	27
2.2. Експериментальне випробування ультразвукового обладнання	33
2.3. Нова конструкція	45
2.4. Принцип роботи установки.....	46
2.5. Властивості очищеної води.....	48
2.6. Висновки по розділу 2	49
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ВІБРОПРИВОДУ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ. ..	50
3.1. 1/2-хвильовий ультразвуковий диспергатор	50
3.2. Система автоматизованого проектування ультразвукового віброприводу.....	53
3.3. Математичне моделювання ультразвукового ступінчастого трансформатора.....	55
3.4. Висновки по розділу 3	66
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	68
4.1. Технологічний контроль якості кресленика.....	68
4.2. Аналіз конструкції.	69

4.3. Аналіз технологічності деталі	70
4.4. Вибір заготовки.	70
4.5. Технологічні операції.	71
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	77
5.1. Опис ідеї проекту	77
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	78
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	79
5.3.1. Аналіз попиту	79
5.3.2. Визначення потенційної групи клієнтів	80
5.3.3. Аналіз ринкового середовища	80
5.3.4. Аналіз пропозиції.....	82
5.3.5. Детальний аналіз конкуренції в галузі	83
5.3.6. Аналіз факторів конкурентоспроможності	84
5.3.7. Складання SWOT-аналізу	86
5.3.8. Альтернативи ринкової поведінки	87
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	88
5.4.1. Стратегія охоплення ринку	88
5.4.2. Базова стратегія розвитку.....	89
5.4.3. Стратегія конкурентної поведінки	91
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап – проекту	92
5.5.1. Формування маркетингової концепції товару	92
5.5.2. Визначення цінових меж.....	93
5.5.3. Визначення оптимальної системи збуту.....	93
5.5.4. Концепція маркетингових комунікацій	95
5.6. Висновки по розділу	96
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	97
6.1. Санітарно-гігієнічна характеристика приміщення комплабораторії ...	97
6.2. Вимоги до мікроклімату під час роботи в лабораторії	98
6.3. Вимоги до освітлення під час роботи в лабораторії.....	100
6.4. Електробезпека.....	102

6.5. Пожежна безпека.....	103
6.6. Надзвичайні ситуації.	104
6.7. Схема евакуації з приміщення учбового корпусу	107
6.8. Висновки по розділу	108
ВИСНОВКИ.....	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНОХ ДЖЕРЕЛ.....	110

ВСТУП

У наш час особливий інтерес викликає забруднення водойм, яке зараз являється масштабною проблемою, оскільки людство має динамічний розвиток індустріалізації, що напряду впливає на екологію.

Забруднення водних ресурсів наразі є великою загрозою для земного населення та водної екосистеми. Людська діяльність значною мірою мірою спирає на глобальне потепління, а саме зниження якості атмосферного повітря та загального підвищення температури на планеті.

Вода – це найважливіша частина життєдіяльності, і її якість потребує постійну увагу від людства. Людина складається з 75% води, яка забезпечує необхідне середовище для біохімічних реакцій в організмі. Також вода є основним життєважливим компонентом для рослин та тваринного світу. Багато регіонів землі мають великий дефіцит у очищеній, прісній воді, що сильно впливає на соціальний та економічний розвиток певних країн. Світ стикається з дилемою досягнення рівноваги між економічним розвитком та стійкою природною середою.

Забруднення в прісноводних екосистемах може містити в собі патогенні мікроорганізми, органічні речовини, хімічне забруднення та солоність. Ці забруднювачі, що потрапляють у водний об'єкт через різні шляхи, але переважно антропогенні, стали великою проблемою для екологів через різну загрозу, яку вони представляють для навколишнього середовища.

Мета та задачі

Підвищення ефективності знезараження рідини в польових умовах за допомогою ультразвукових коливань для індивідуального використання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Проаналізувати доступні методи знезараження рідини
- Розглянути аналоги ультразвукового обладнання

- Провести експериментальне випробування ультразвукового обладнання
- Розробка ефективної конструкції
- Провести розрахунок віброприводу та розробити математичне моделювання ультразвукового ступінчастого трансформатора

РОЗДІЛ 1. СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ РІДИНИ

Вживання неочищеної води загрожує серйозними наслідками для здоров'я людини, а також станом побутових приладів. Уникнути цих, часом дуже істотних, неприємностей допомагають різні системи очищення води.

1.1. Дистиляція води

Дистиляція, ймовірно, найстаріший метод очищення води. Для цього вода спочатку нагрівається до кипіння. Тоді водяна пара піднімається в конденсатор, де охолоджена вода зменшує температуру так пар конденсується. Органічні сполуки, а саме гербіциди і пестициди, з точкою кипіння нижче, ніж 100°C , не можуть бути успішно вилучені та залишаються зосереджені в воді. Ще одним недоліком дистиляції це велика витрати енергії і води і дуже низька продуктивність чистої води.

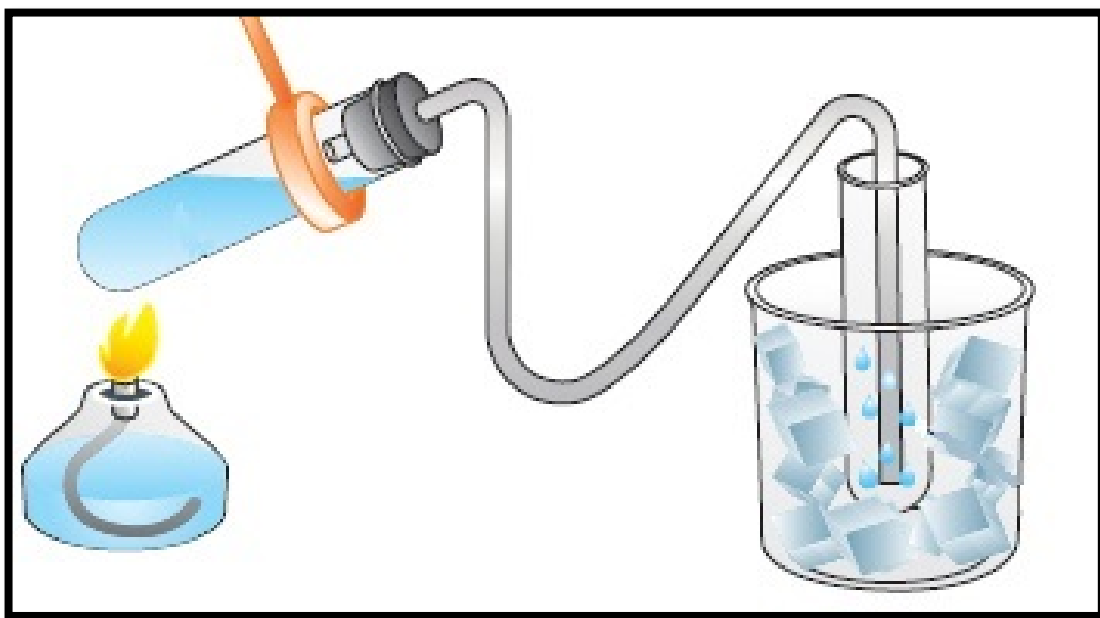


Рис.1.1 Дистиляція води

Дистильована вода також може бути з низьким рівнем рН (тобто кисла), таким чином, вона повинна зберігатися тільки в склі. Оскільки після процесу дистиляції в воді майже немає кисню і мінералів та вона має поганий смак, таку воду, зазвичай називають "мертвою" водою. Дистильовану воду використовують у промислових процесах.[8]

Переваги:

- Видаляє великий спектр забруднень

Недоліки:

- Деякі домішки можуть бути проведені в конденсат
- Потрібен пильний догляд, щоб забезпечити чистоту
- Витрачає велику кількість енергії
- Система займає великий простір

1.2. Іонний обмін (пом'якшення води)

Принцип іонного обміну застосовується в багатьох наявних сьогодні на ринку побутових системах для очищення води від жорстких мінералів. Обладнання працює за принципом іонного обміну, яке складається з гранульованих компонентів пом'якшення води через нього і проходить потік води. У міру того як вода протікає через шар гранул, що пом'якшують воду (іонообмінну смолу), відбувається видалення жорсткості і через це вода стає м'якою і повністю придатною для використання в побуті.

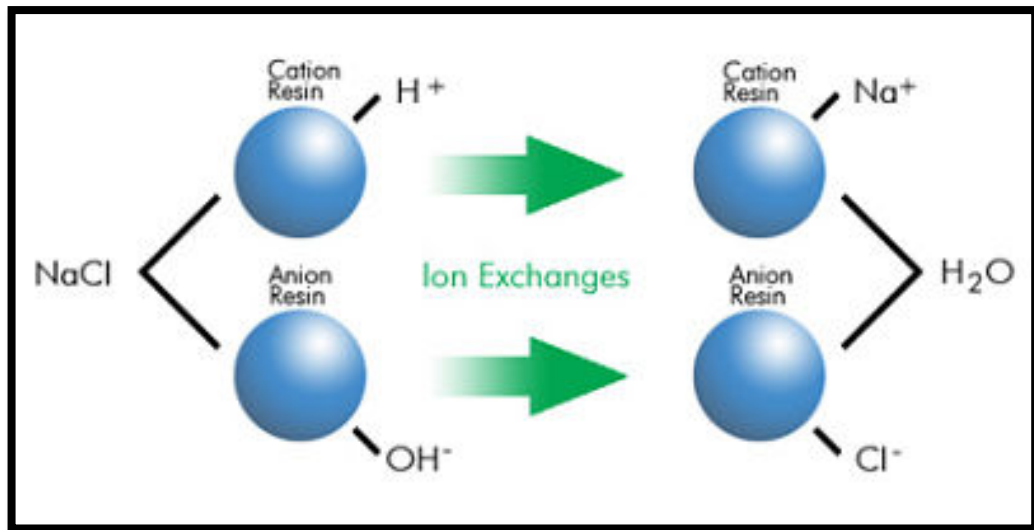


Рис.1.2 Іонний обмін (пом'якшення води)

В основному фільтри для пом'якшення води застосовуються в якості методу очищення для колодязної води. Іонний обмін може стати доволі важливим компонентом загальної системи для очищення води приватного будинку. Іонний обмін ефективно пом'якшує воду, але він не може видалити з води велику кількість органічних речовин або мікроорганізмів. Мікроорганізми можуть приєднуватися до смол, забезпечуючи себе живильним середовищем, що приводить до швидкого зростання і виробництва наступного покоління. Переваги і недоліки цієї технології представлені нижче. [8]

Переваги:

- Видаляє розчинені неорганічні речовини

Недоліки:

- Не видаляє зважені речовини і бактерії
- При тривалому використанні накопичує бактерії

1.3. Адсорбція вугільним фільтром

Можливості вугільних фільтрів широко застосовуються в побутовій фільтрації води. Вугільний картридж здатний покращити воду, видалити неприємний присмак і запахи, в тому числі він видаляє з води хлор і побічні продукти хлорування. Так само вугільний фільтр ефективно прибирає багато хімічних речовин і газів, а в одиничних випадках може ефективно видалити мікроорганізми. Але, зазвичай, це не впливає на загальну кількість розчинених твердих речовин, жорсткість, важкі метали, велику більшість бактерій і вірусів. Існують декілька типів вугільних фільтрів, кожний з них має переваги і недоліки: гранульований вугільний фільтр, і брикетований вугільний фільтр. Ці два методи можуть використовуватися разом в системах зворотного осмосу.

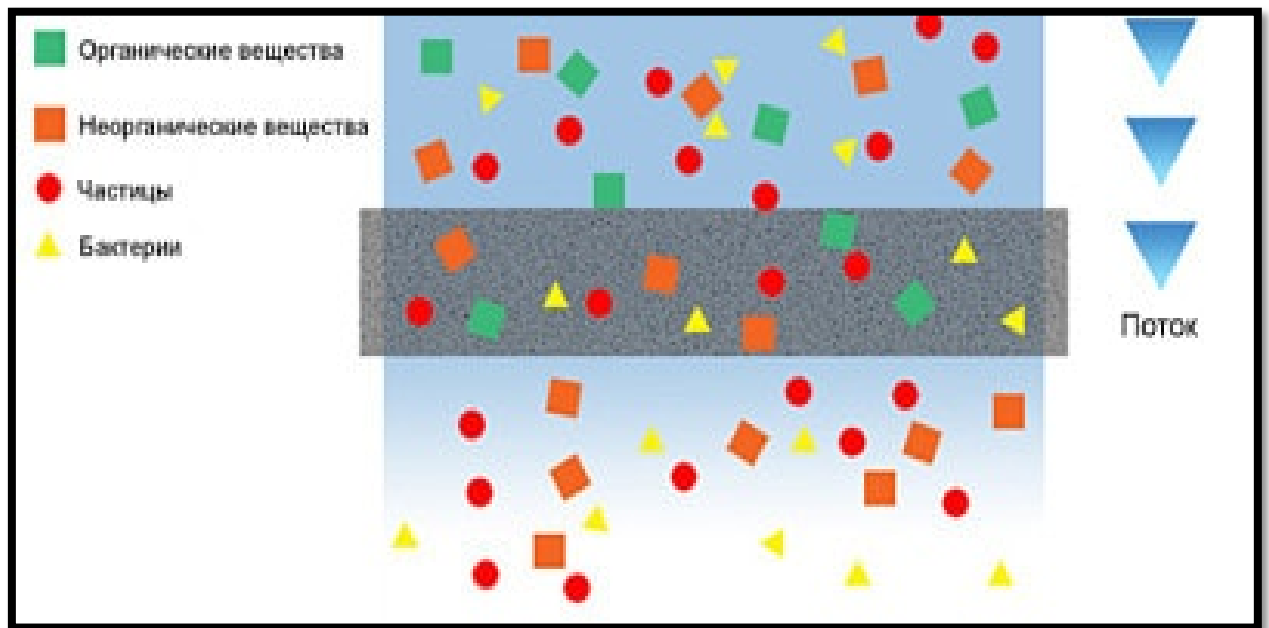


Рис.1.3 Адсорбція вугільним фільтром

Гранульований вугілля застосовують найчастіше, оскільки воно є основним продуктом виробництва. Його засипають у великі балони (колонного типу), в невеликі корпуси фільтрів (картриджного типу). Вугілля розміщують в оболонки для того, щоб його частинки не попадали в уже

очищену воду. Активоване вугілля в основному призначене для того, щоб видаляти з води хлор і домішки.

Вугільний фільтр, як правило, використовується в поєднанні з іншими процесами очищення води. Його розміщення по відношенню до інших компонентів є важливим пунктом при проектуванні системи по очищенню води.

Переваги:

- Ефективно видаляє розчинені органічні речовини і хлор
- Тривалий термін служби (висока продуктивність)

Недоліки:

- При тривалому використанні (більше 3 місяців) накопичує бактерії. [8]

1.4. Озонування

Озонування - метод очищення з використанням газу (озону). Використання такої технології являється сучасним і дуже ефективним способом окислення розчинених у воді органічних речовин, заліза і марганцю. Широке застосування в промисловості та житлово-комунальному господарстві отримав метод озонсорбції, завдяки якому вода піддається обробці озоноповітряною сумішшю в спеціальних камерах, а далі після озонування проходить освітлення на піщаних фільтрах, (де видаляється окислене залізо) і сорбційну очистку на активованому вугіллі (через це відбувається видалення продуктів розпаду органічних речовин).

Озонування за рахунок високої окислювальної здатності озону може одночасно забезпечити знебарвлення води, усунення присмаків і запахів і її знезараження. Сторонні домішки при цьому у воду не вносяться і не утворюються шкідливі для людини сполуки.

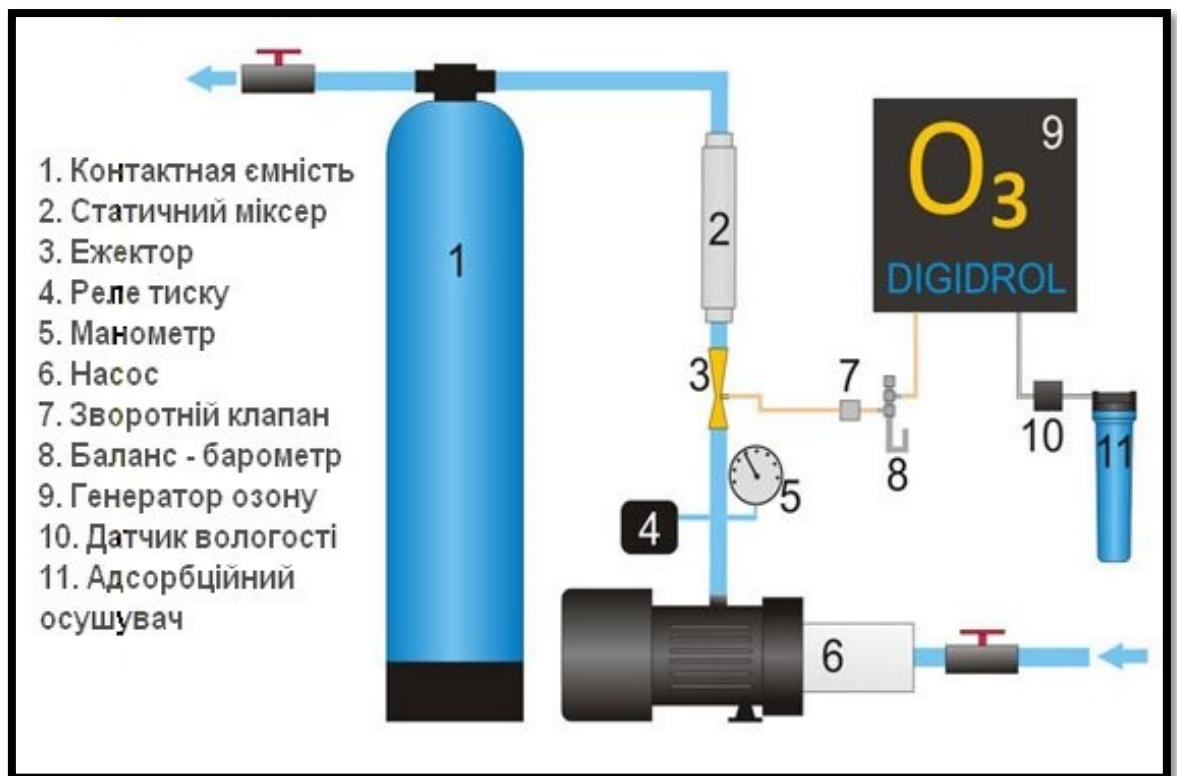


Рис.1.4 Принципова схема станції озонування води при її розливі

Механізм бактерицидної дії озону пояснюється тим, що він впливає на обмін речовин в живій клітині, при цьому порушується рівновага перетворення активної сульфідної групи в неактивну групу. Встановлено, що озон дуже гарно руйнує мікроорганізми в воді. Це можна пояснити способом дії озону. На відміну від звичайного застосованого хлору, озон не дає зворотнього уповільнюючого ефекту на внутрішньоклітинні ферменти. Через значну окисну здатність озон працює як окислювач на стінку-мембрану клітини аж до проникнення всередину мікроорганізму і окислення певних важливих компонентів таких як протеїни, ферменти, ДНК та РНК. Коли основна частина мембрани зруйнована, клітина гине. Якщо стінка-мембрана зруйнована не повністю, клітина може з'єднатися з іншою клітиною, що пояснює спостережувані іноді явища регенерації.[10]

Переваги:

- Озон являється одним з найбільш сильних окислювачів, знищує бактерії, спори і віруси.

Недоліки:

- Озон вибухонебезпечний і агресивний по відношенню до речовин, які здатні окислюватися.

- Знезараження озоном потребує, щоб при обробці, вода не містила розчиненого марганцю Mn^{2+} бо інакше вона може змінити колір на рожевий. Після чого він потім стає коричневим через осадження MnO_2 .

1.5. Зворотній осмос

З самого початку система зворотного осмосу використовувалася для опріснення морської води. В процесі фільтрації вода під тиском проходить через напівпроникну синтетичну мембрану. При сприятливих умовах цей спосіб очищення дозволяє нам видаляти від 90% до 98% важких металів, вірусів, бактерій та інших організмів, органічних і неорганічних хімічних сполук.

Також ця система, для належної роботи, вимагає мінімального тиску води 2,7 атм. Необхідно вживати заходів для того, щоб підтримувати цілісність мембрани, яку треба замінювати кожні кілька років.

В присутності хлору мембрана погіршує свої властивості і при фільтруванні каламутної води. Тому у системах зворотного осмосу необхідно попередньо очищувати воду вугільним фільтром.

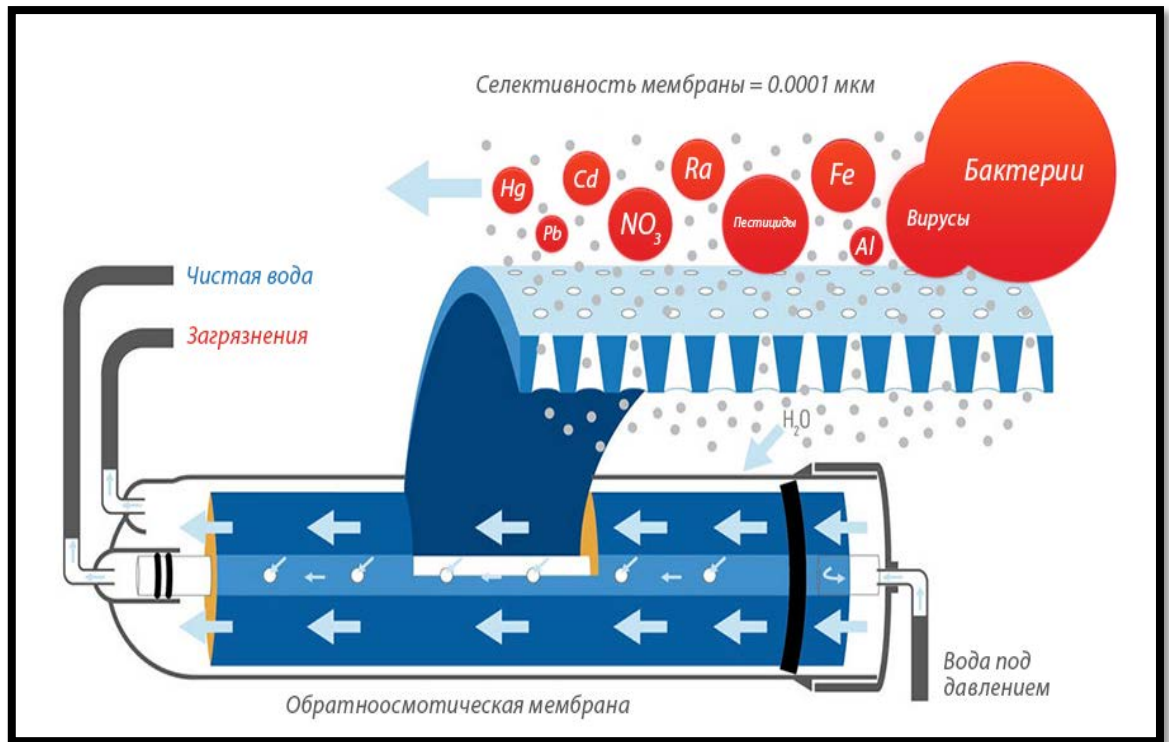


Рис.1.5 Метод зворотного осмосу

Системи зворотного осмосу - гарне середовищем для розмноження бактерій, що може потребувати установки вугільного фільтра між блоком зворотного осмосу і резервуаром для зберігання води, а також ще одного фільтра між накопичувальним баком і краном, з якого зливається вода. Якщо вода доволі жорстка, то може знадобитися додаткова система пом'якшення води.[9]

Переваги:

- Добре фільтрує воду від металів, бактерій, вірусів, мікроорганізмів, а також органічних і неорганічних хімічних сполук.

Недоліки:

- Велика кількість води у вигляді відходів.
- Синтетична мембрана деградує під впливом хлоридів і фізичних забруднювачів (потрібно замінювати).
- В системі можуть розмножуватися бактерії.

- Погано працює з жорсткою водою.

1.6. Ультрафіолетове (УФ) випромінювання

Ультрафіолетове випромінювання часто застосовується для бактерицидної обробки води. Ртутні лампи низького тиску, які породжують 254 нм УФ-світло є ефективним способом дезінфекції води. Адсорбція УФ-світлом призводить до інактивації мікроорганізму.

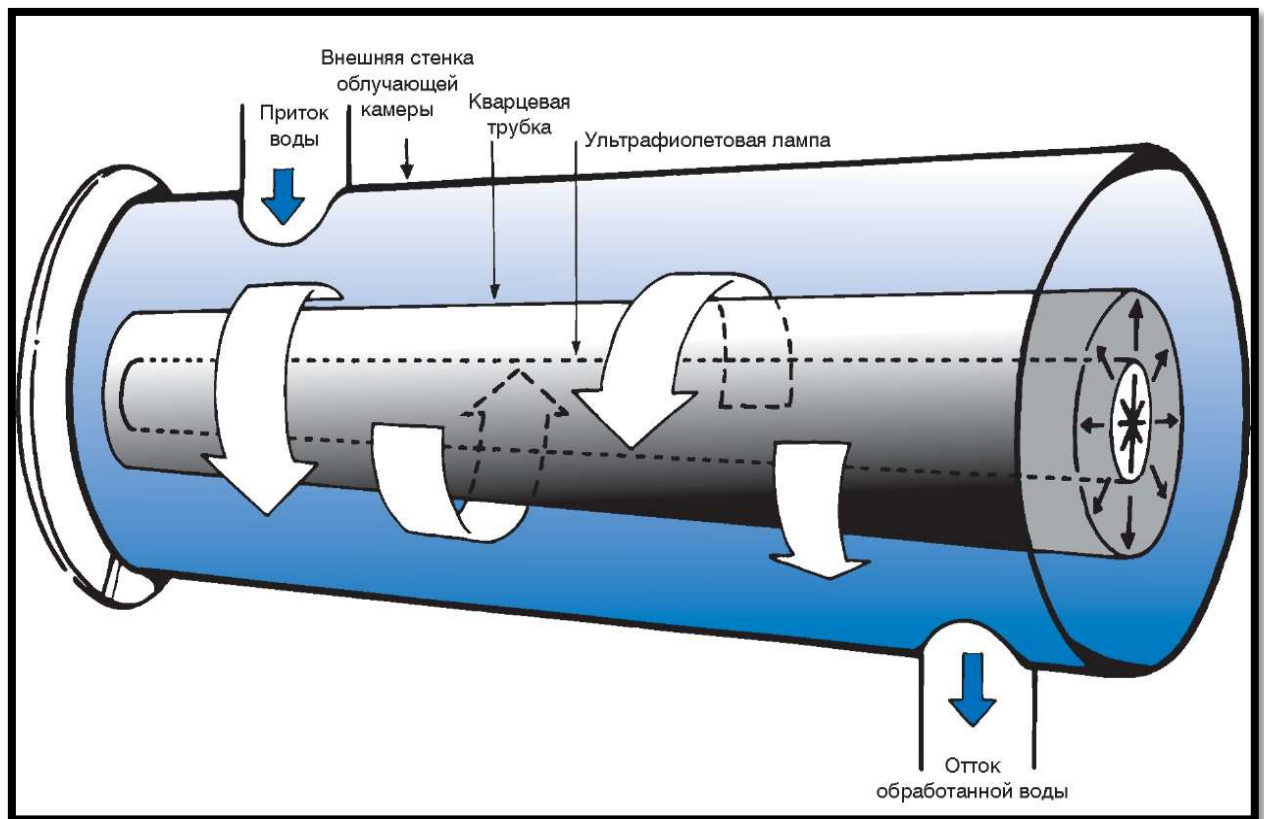


Рис.1.6 Ультрафіолетове (УФ) випромінювання

Завдяки останнім досягненням в області технології УФ лампи привели до виробництва спеціальних ламп, які можуть генерувати як 185 нм і 254 нм

УФ-світлом. Таке поєднання довжин хвиль необхідно для фотоокислення органічних сполук. [8]

Переваги:

- Ефективне лікування дезінфекції
- Окислення органічних сполук (185 нм і 254 нм)

Недоліки:

- Не видаляє зважені частинки, колоїди та іони

1.7. Ультрафільтрація

Капілярна мембрана спочатку є цілою системою, яка, як решето, затримує частинки розмір яких більше від розмір пор в мембрані. Мембрана виготовлена з декількох шарів поплутаних волокон. Коли рідина проходить через ці волокна, частинки, що мають розмір більший від пор зберігаються на поверхні фільтра, а потім змиваються в каналізацію. Системи ультрафільтрації відрізняється лише розміром пор мембрани. В основному, мембрани затримують більшість зважених речовин, бактерій і вірусів. [8]

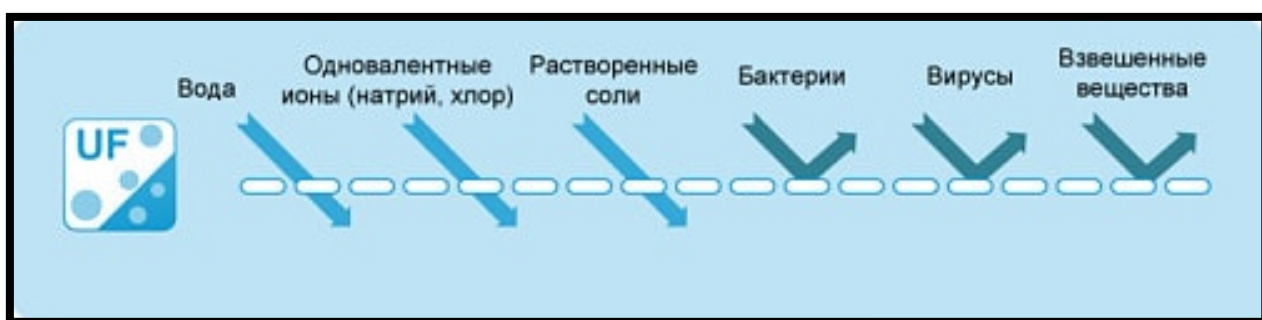


Рис.1.7 Ультрафільтрація

Переваги:

- Ефективно видаляє більшість частинок, мікроорганізмів і колоїдів вище їх номінальної величини
- Вимагає мінімального обслуговування

Недоліки:

- Не видаляє розчинені неорганічні речовини

1.8. Хлорування води

Хлорування води являється найбільш поширеним способом знезараження питної води з використанням газоподібного хлору або хлоровмісних сполук, що спричиняють реакцію з водою або розчиненими в ній солями. В результаті реакції хлору з протеїнами і аміноз'єднаннями, що містяться в оболонці бактерій і їх внутрішньоклітинній речовині, відбуваються окислювальні процеси, також хімічні зміни внутрішньоклітинного речовини, розпад структури клітин та загибель бактерій і мікроорганізмів.[10]



Рис.1.8 Хлорування води

Переваги:

- Знищення патогенних бактерій і вірусу поліомієліту - запобігання поширенню епідемій

Недоліки:

- Не знищує спороутворюючі бактерії
- Особливі умови зберігання в хлораторних установках - застосування заходів, що забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу
- Труднощі з транспортуванням на значні відстані

1.9. Ультразвукове знезараження води

Одним із методів знезараження води в процесі водоочищення є ультразвукова обробка, яка працює також на використанні кавітації, що викликаної ультразвуком. Утворення високого тиску при протіканні кавітації спричиняє розрив оболонок клітин мікроорганізмів і їх подальшої загибелі.

Ультразвук являє собою пружні коливання і хвилі, частота яких вище 15-20 кГц . При впливі ультразвукових хвиль на рідину виникають специфічні фізичні, хімічні та біологічні ефекти, такі як кавітація, капілярний ефект, диспергування, емульгування, знезараження, локальний нагрів і багато інших.

Біологічна дія ультразвукових хвиль пов'язують в основному з явищем кавітації. Кавітацією – це процес утворення в рідкому середовищі порожнин, заповнених парами самої рідини, які з'являються під дією великих напруг і в наступну мить закриваються, що супроводжується великими тисками і локальним збільшенням температури середовища. Імпульси тиску, що виникають при змиканні кавітаційних каверн, здатні зруйнувати тверді та рідкі тіла, а також мікроорганізми.

Ультразвукові коливання, через те, що пошкоджують клітинні оболонки мікроорганізмів, викликають їх загибель або спричиняють незворотні пошкодження клітин, тобто призводять до негативних біологічних ефектів. Ультразвук викликає розрив клітинних стінок і мембран, пошкодження бактеріального білку у рухливих форм мікроорганізмів, в кінцевому результаті виникнення високого тиску всередині клітини чи появи гідроксильних радикалів і атомарного кисню у водному середовищі цитоплазми.[11]

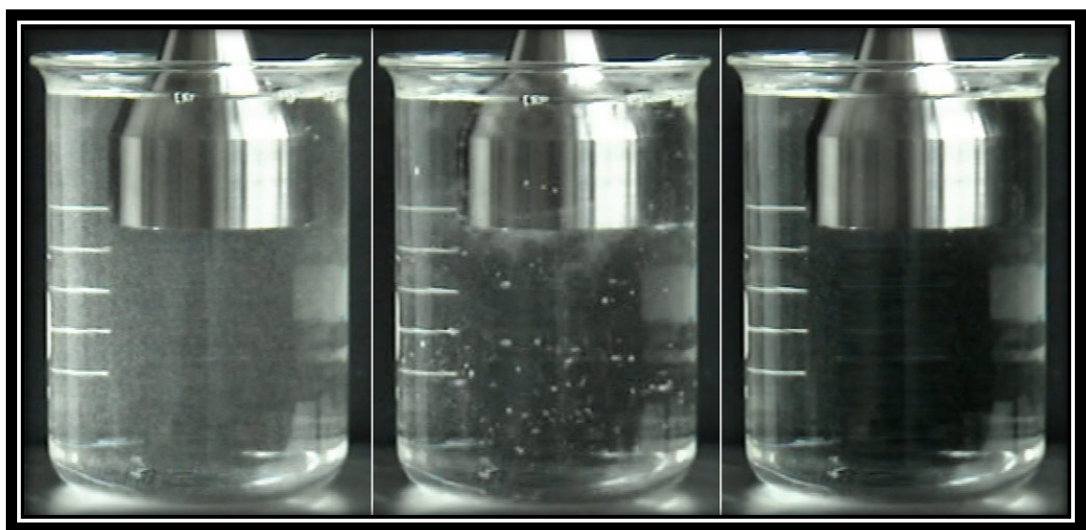


Рис.1.9 Ультразвукова обробка води

Для оброблення рідкого середовища установка застосовує фізичні процеси, супутні явища ультразвукової кавітації, при яких в рідині (фаза розрядження) в ультразвуковій хвилі утворюються парогазові кавітаційні бульбашки, що схлопуються (фазі стиснення). Для того, щоб створити в рідині області з розвиненою кавітацією в установці використовують принцип фокусування ультразвукових коливань (високий рівень інтенсивності) в області продольної осі трубчастого резонатора, який в свою чергу збуджується на нульовий моді коливань.

Чинниками інактивації мікроорганізмів в кавітаційному середовищі є:

- Механічне руйнування мікроорганізмів ударними сферичними хвилями і камулятивними струменями, які виникають при схлопуванні кавітаційних бульбашок;
- Локального збільшення тиску до 1000 МПа та підвищення температури до 1000 ° С при схлопуванні кавітаційних бульбашок;

Активация рідин відбувається завдяки створенню в мікрооб'ємах кавітаційних бульбашок, багатих енергією дисоційованих і іонізованих молекул.

Кавітаційне знезараження можна проводити в незалежності від ступеня її прозорості рідини.

На сьогоднішній день ультразвукові пристрої по знезараженню рідини на ринку України відсутні, оскільки не широко використовуються на її території. Вітчизняних виробника немає, рідко можна зустріти закордонні аналоги. Даний вид очищення води є перспективним, так як відсутні прямі конкуренти.

1.10 Висновки по розділу 1

У даному розділі було розглянуто усі доступні методи знезараження рідини, проаналізовані їх недоліки та переваги та обраний найбільш оптимальний та ефективний метод, а саме ультразвукова обробка.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО, КАВІТАЦІЙНОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ РІДИНИ.

2.1. Розглянуті аналоги

Особлива проблема з якою стикається наше населення - це мікробіологічна безпека води, бо навіть вода з підземних джерел може містити одиничні клітини патогенних мікроорганізмів. Дезінфекція та знезараження – це методи обробки, за допомогою яких повинно відбутися знищення хвороботворних мікроорганізмів. Існуючі методи підготовки питної води являються в основному реагентними та надаючи бактерицидний ефект, погіршують хімічний склад та властивості води.

Було розглянуто ряд аналогів, які б підійшли нам, серед них є запатентовані розробки нашої кафедри.[20]

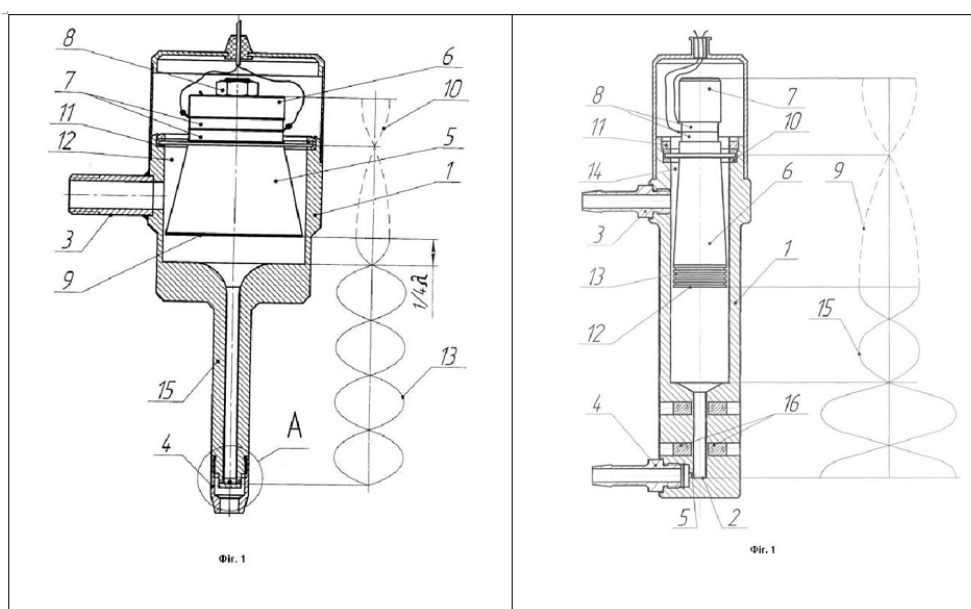


Рис.2.1 Розглянуті аналоги

Кавітаційний аналог відноситься до пристроїв по очищенню води від хімічних і мікробіологічних забруднень, який може бути використано в процесах водопідготовки при надзвичайних ситуаціях, в польових умовах, а також в якості індивідуального водоочисного засобу.

Технічний результат: можливість проведення якісного знезараження води з відкритих джерел в польових умовах з використанням ультразвукової установки для ефективного очищення і знезараження води, що включає сукупність технічних рішень і функціональних можливостей по бактерицидній впливу на мікроорганізми.

Дієве використання звукових хвиль залежить в першу чергу від режимів випромінення ультразвуку та особливостей будови обладнання, що реалізує дані технології.

Перший аналог даного пристрою, що розглядався, мав значні недоліки в яких ультразвукова хвиля досягала максимальної інтенсивності тільки біля поверхні випромінення. Інтенсивність понижувалась подалі від випромінювача внаслідок збільшення площі через яку проходила хвиля ультразвуку.

Площа поверхні випромінення, що застосована в пристрої – мала, через це можливість введення в рідину великої хвилі інтенсивності – відсутнє, при збільшенні потужності випромінювача, на поверхні, яка випромінює утворюється кавітаційний прошарок, що в значній мірі поглинає та розсіює ультразвукову енергію. Тому при підвищенні потужності лише нагріваються п'єзокерамічні елементи, в результаті чого можна зробити висновок, що конструкція не дозволяє ефективно знезаражувати рідину.

Другий розглянутий аналог, теж мав свої мінуси, а саме: ультразвуковий трансформатор, що застосовується в пристрої, не дозволяє збільшити амплітуду тиску, оскільки для цього потрібно використати трансформатор з малим діаметром другої ступені. В результаті ультразвукова хвиля з ступенем

більшого діаметру входить в малий діаметр з значною втратою та не ефективно, тим самим не дозволяючи досягти підвищеної інтенсивності коливань.

В результаті аналізу ряду конструкцій була обрана найбільш підходяща.

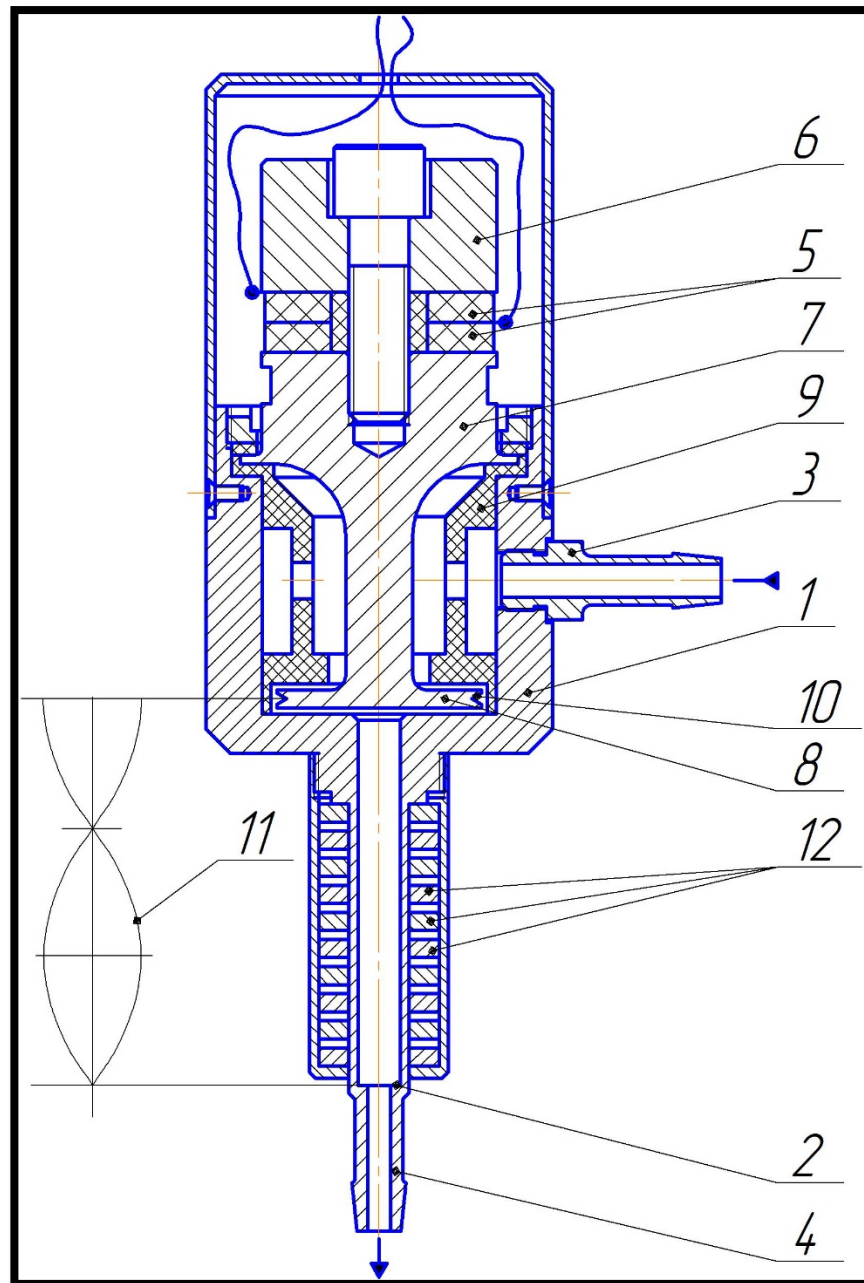


Рис.2.2 Обраний аналог

(1-корпус; 2 – донна торцева поверхня; 3 – вхідний патрубок; 4 – вихідний патрубок; 5 – п'єзокерамічні кільця; 6 – демпфуюча накладка; 7 – трансформатор коливальної швидкості; 8 – дисковий вібратор; 9 – вкладиш; 10 – канавка; 11 – ультразвукова хвиля, 12 – набір постійних магнітів)

В ультразвуковому трансформаторі, який ми використовуємо в даній конструкції, можна підвищити амплітуду коливань поверхні, що випромінює ультразвук, що приведе до збільшитися інтенсивність ультразвукових хвиль. Через це, на поверхні випромінювання з'являється кавітаційний прошарок, який поглинає енергію ультразвуку, відповідно заважає потраплянню ультразвуку в корпус приладу. В даному пристрої, для обробки рідини використано кавітаційний прошарок. Для цього потік рідини був направлений вздовж поверхні вібратора, на якому також були встановлені канавки, щоб забезпечити додатковий вплив кавітації на рідину. У пристрої використовується набір магнітів, що розташовані у вигляді кільця з поляризацією по товщині, вони направлені однойменними полюсами один до одного, за рахунок чого збільшується вплив магнітного поля на рідину. Таким чином утворене поле утворює післякавітаційну обробку.

Даний прилад складається з вертикального корпусу 1, вихідного патрубку 4, вхідного патрубку 3, донної торцевої поверхні 2. При цьому вихідний патрубок розташовується у донній площині 2, яка в свою чергу об'єднується з внутрішньою частиною корпусу 1. Ультразвуковий випромінювач розташований у верхній частині корпусу 1, а до його складу входять демпфуюча накладка 6, п'єзометричні кільця 5 та трансформатор швидкості коливань 7.

Торцева вихідна частина трансформатора коливань 7 виготовлена у вигляді дискового вібратора 8 з можливістю випромінювання своїми поверхнями та з утворенням відносно корпусу 1 щілинних зазорів для протікання рідини. Для утворення щілинного проміжку біля поверхні вібратора 8, що випромінює в протилежному напрямку від донної поверхні 2 корпусу 1 встановлений вкладиш 9, що виготовлений з двох поздовжньо розрізаних половин. Діаметр дискового вібратора 8 складає п'ятдесят відсотків

довжини ультразвукової хвилі деструкції, яка встановилася по довжині ультразвукового випромінювача.

На бічній циліндричній площині вібратора 8 виконана канавка 10 з двома похилими поверхнями. Відстань від плоскої торцевої площини дискового вібратора до торцевої донної площини 2 корпусу 1 обрана кратній парному числі чвертей довжини ультразвукової хвилі 11, що встановилася в рідині у напрямку торцевої площини 2 корпусу 1. Магнітна частина виконана у вигляді комплекту кільцевих постійних магнітів 12 з поляризацією по товщині, що охоплюють частину корпусу 1, при чому магніти розташовані однаковими полюсами один до одного.

Робота пристрою виглядає таким чином. Через вхідний 3 та вихідний 4 патрубки проходить рідина, для якої необхідне кавітаційне очищення. Через герметичне кріплення ультразвукового випромінювача, у верхній частині корпусу 1 створюється герметична порожнина, яка захищає вузлову точку кріплення від змочування. У випадку змочування цієї точки ультразвукова енергія може не надходити у повному обсязі до поверхні випромінювання дискового вібратора 8, тим самим зменшуючи ефективність роботи пристрою. Пристрій готовий до роботи. Подається напруга від електричного генератора коливань на п'єзоелементи 5, в них же збуджуються поздовжні пружні механічні коливання, які дорівнюють частоті власних коливань рідини. В результаті чого виникають резонансні коливання рідини, тим самим забезпечується максимальна ефективність обробки рідини. Ультразвукова хвиля вводиться в рідину з інтенсивністю, яка перевищує поріг виникнення кавітації в рідині. Далі, завдяки кавітаційному прошарку, що утворюється на поверхні вібратора 8, відбувається зменшення інтенсивності ультразвуку. Це відбувається завдяки розсіюванню ультразвуку в кавітаційному прошарку. Тому максимальна кавітаційна обробка буде проходити у кавітаційному прошарку, тобто рідина, яка протікає крізь щілини, які утворені між дисковим вібратором 8, корпусом 1 та вкладишем 9 пристрою. Канавка 10, що розташована на боковій циліндричній поверхні вібратора 8 за рахунок

наявності похилих поверхонь буде випромінювати ультразвук в щілинний зазор, в якому рідина піддається інтенсивній кавітаційній обробці. Кавітаційний прошарок на поверхні вібратора 8 має постійну товщину, що забезпечує максимально ефективну кавітаційну обробку рідини. Далі рідина потрапляє в канал, який з'єднаний з вихідним штуцером 4 та має торцеву поверхню 2 відбиття ультразвукових хвиль. Циліндричні магніти 12, що розташовані в цьому каналі, створюють знакозмінне магнітне поле, яке здійснює інтенсивну магнітну обробку рідини.[17]

З обраного аналога для нового пристрою було взято кавітаційний вузол, який піддали доробці, а саме була змінена конструкція випромінювача та зробили технологічний канал для примусової циркуляції рідини, допрацьований кавітаційний вузол установили на кришці циліндричної ємності з плоским дном. Відстань між мембраною випромінювача і плоским дном ємності утворює необхідний оптимальний зазор для ефективної роботи пристрою. По всій площині ємності розташовані неодимові магніти, які створюють магнітну обробку та відновлюють структуру води. Ми зробили рецеркуляцію, але не окремо, а зробили це за допомогою акустичного насосу, який враховує перепад тисків в стоячій хвилі деформації. [20]



Рис.2.3 Ультразвуковий пристрій

2.2. Експериментальне випробування ультразвукового обладнання

Для проведення досліджень були обрані мікроорганізми різних видів та будовою мембран, а також клітинних стінок: грамнегативні - *Escherichia coli* («кишкова паличка»), *Pseudomonas aeruginosa* («синьогнійна паличка» - непатогенна), грампозитивні – *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* («золотистий стафілокок»), еукаріотичні клітини із клітинною стінкою

Saccharomyces cerevisiae («пивні або пекарські дріжджі»), сульфатвідновлювальні бактерії корозійно-активні - *Desulfovibrio* sp. *Desulfovibrio desulfuricans*, *Desulfovibrio vulgaris*.

Ультразвукову обробку води із внесенням бактерій у початкових титрах 10^6 - 10^8 кл/мл проводили на вказаному устаткуванні. Режим обробки УЗ кавітатора проводили на 200 мл досліджуваної рідини (вода водопровідна із внесенням біомаси мікроорганізмів) проточним методом у резервуарі кавітатора. Після кожного циклу обробки відбирали 1 мл проби на аналіз та промивали кавітатор стерильною водопровідною водою у об'ємі 200-400 мл.

Кількість бактерій визначали методом десятикратних граничних посівів на відповідні поживні середовища. Визначення проводили наступним чином: у пробірки з однаковим об'ємом рідкого середовища вносили фіксований об'єм (2мл) з різних розведень досліджуваної культури. Посів проводили з кожного розведення, при чому кожне розведення необхідно висівати у 3 – 5 паралельні повторності. Засіяні пробірки інкубували у термостаті від 2 до 15 днів, залежно від швидкості росту мікроорганізмів. Після інкубації реєстрували наявність чи відсутність росту, використовуючи різноманітні показники: наявність чи відсутність помутніння, осаду, газу чи накопичення в середовищі певних продуктів метаболізму. Результати обробляли статистично, найбільш ймовірне число мікроорганізмів в одиниці об'єму розраховували за допомогою спеціальної таблиці Мак-Креді.(табл 2.1)



До УЗ обробки



Після УЗ обробки

Рис 2.4 Рідина із бактеріями, що утворюють біоплівку (*B. subtilis*) до та після обробки за допомогою кавітарора.

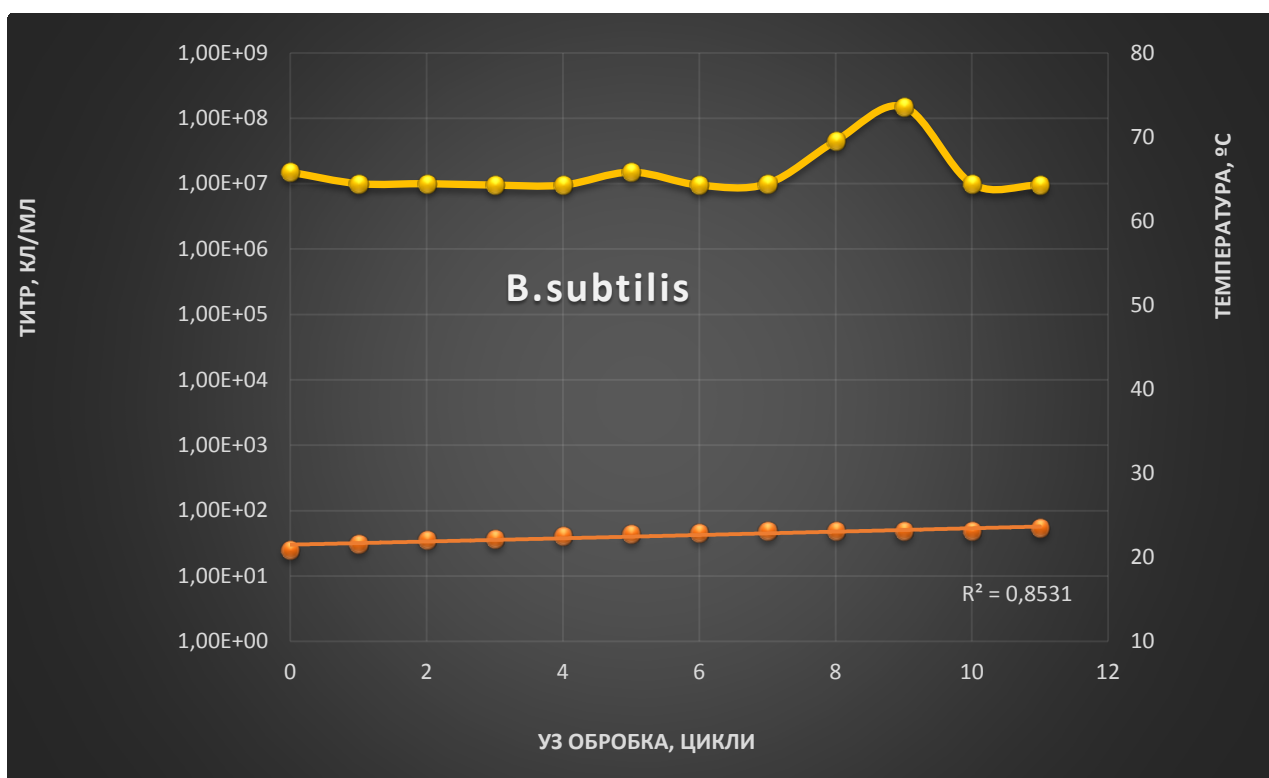
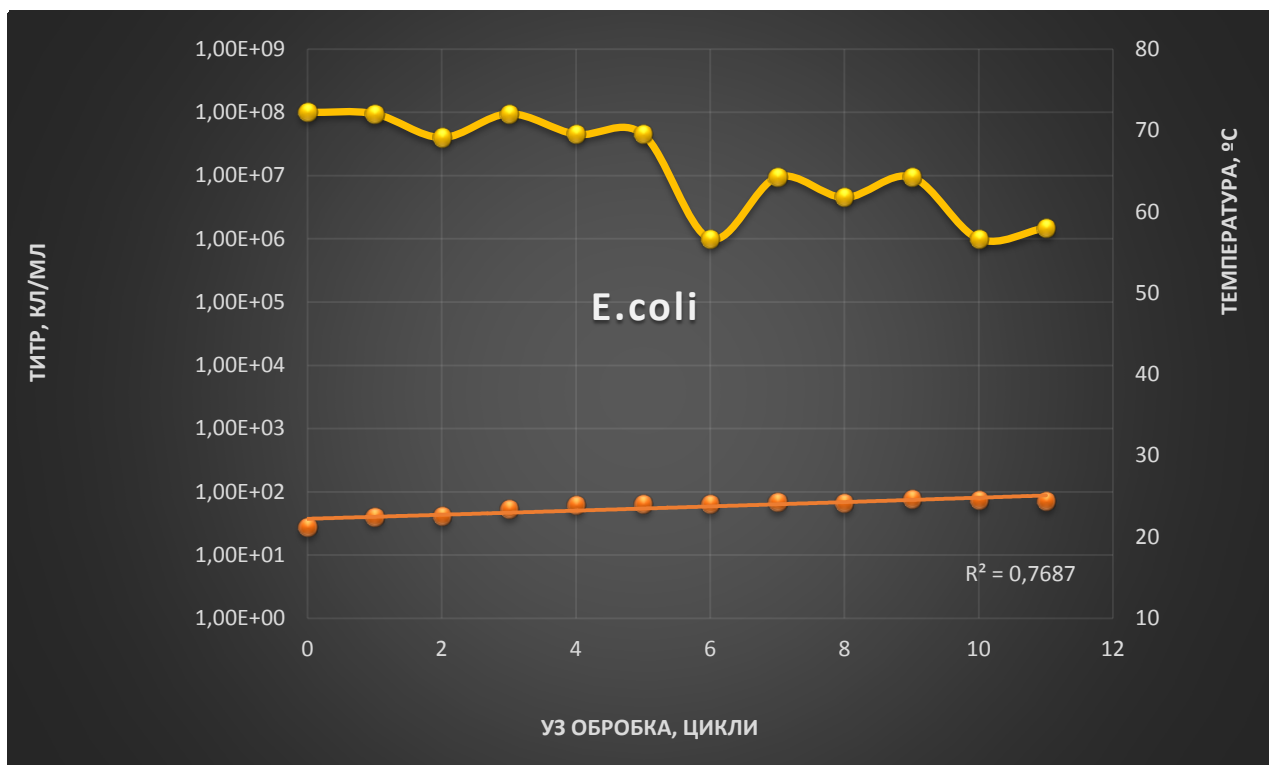


Рис. 2.5 Зміна кількості бактерій *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* за обробки води ультразвуковим кавітатором.

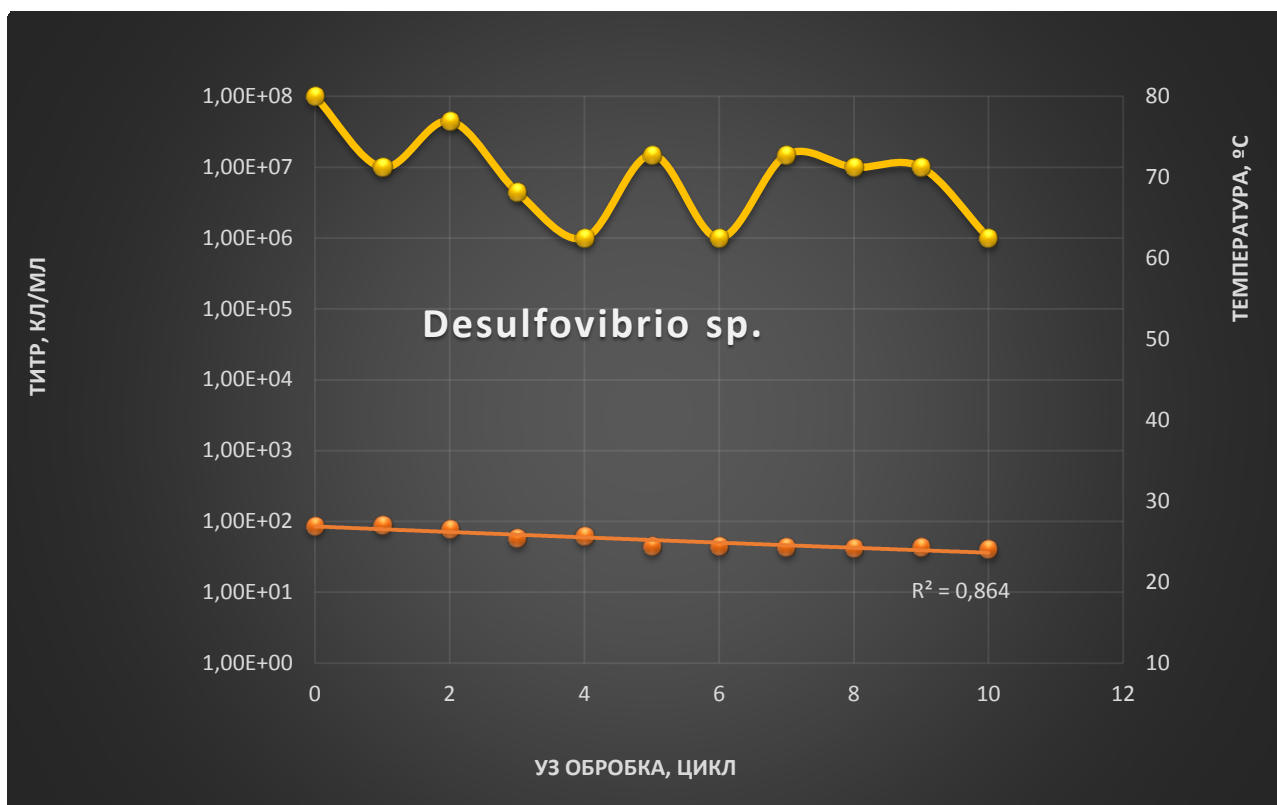
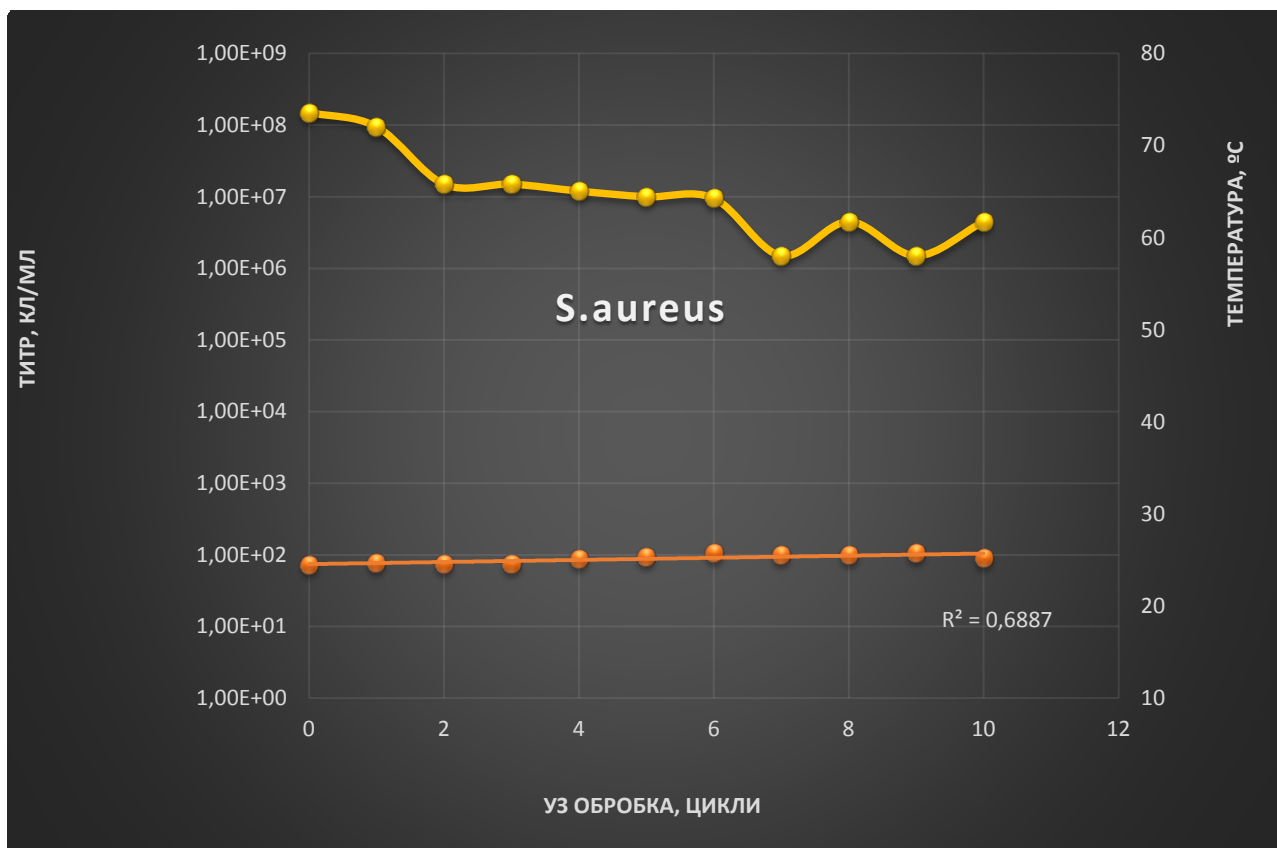


Рис. 2.6 Зміна кількості бактерій *Staphylococcus aureus*, *Desulfovibrio* sp. за обробки води ультразвуковим кавітатором.

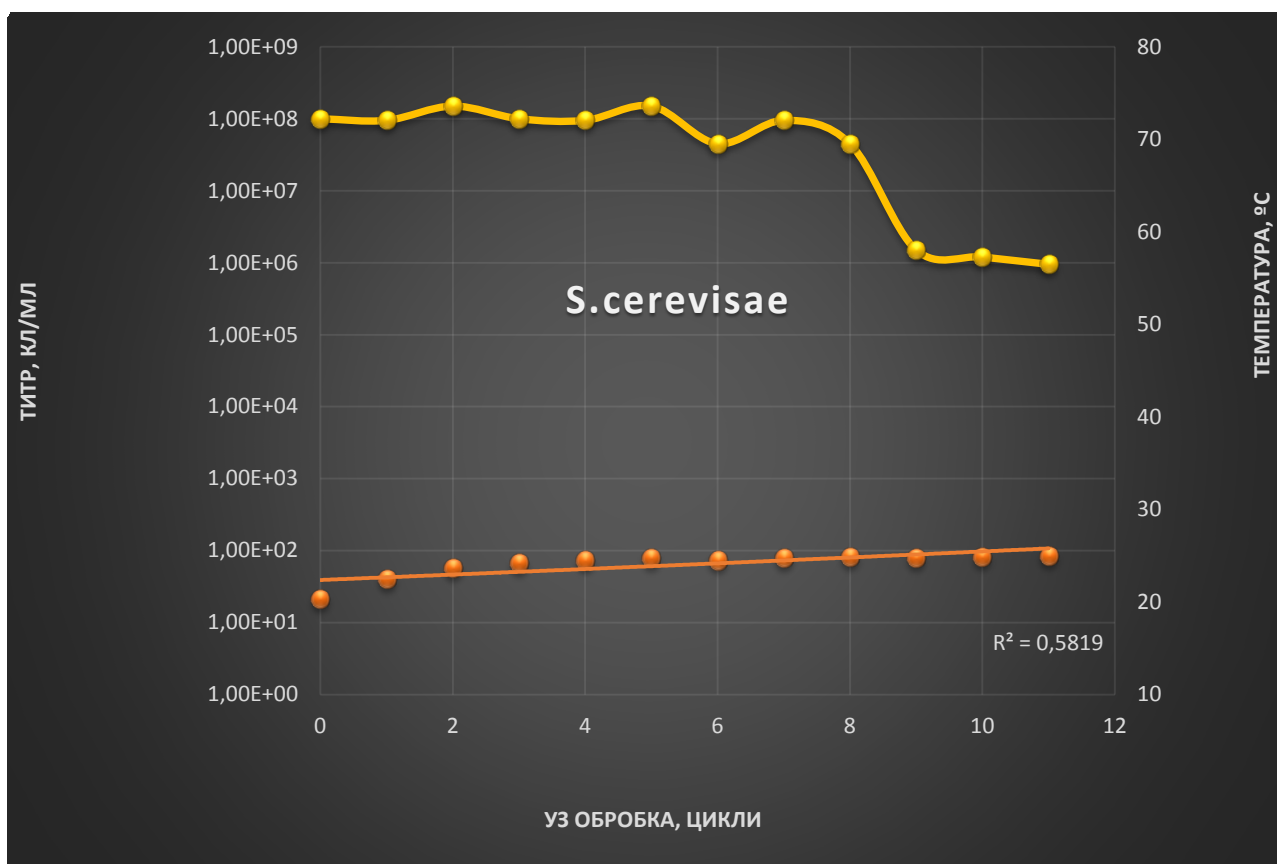
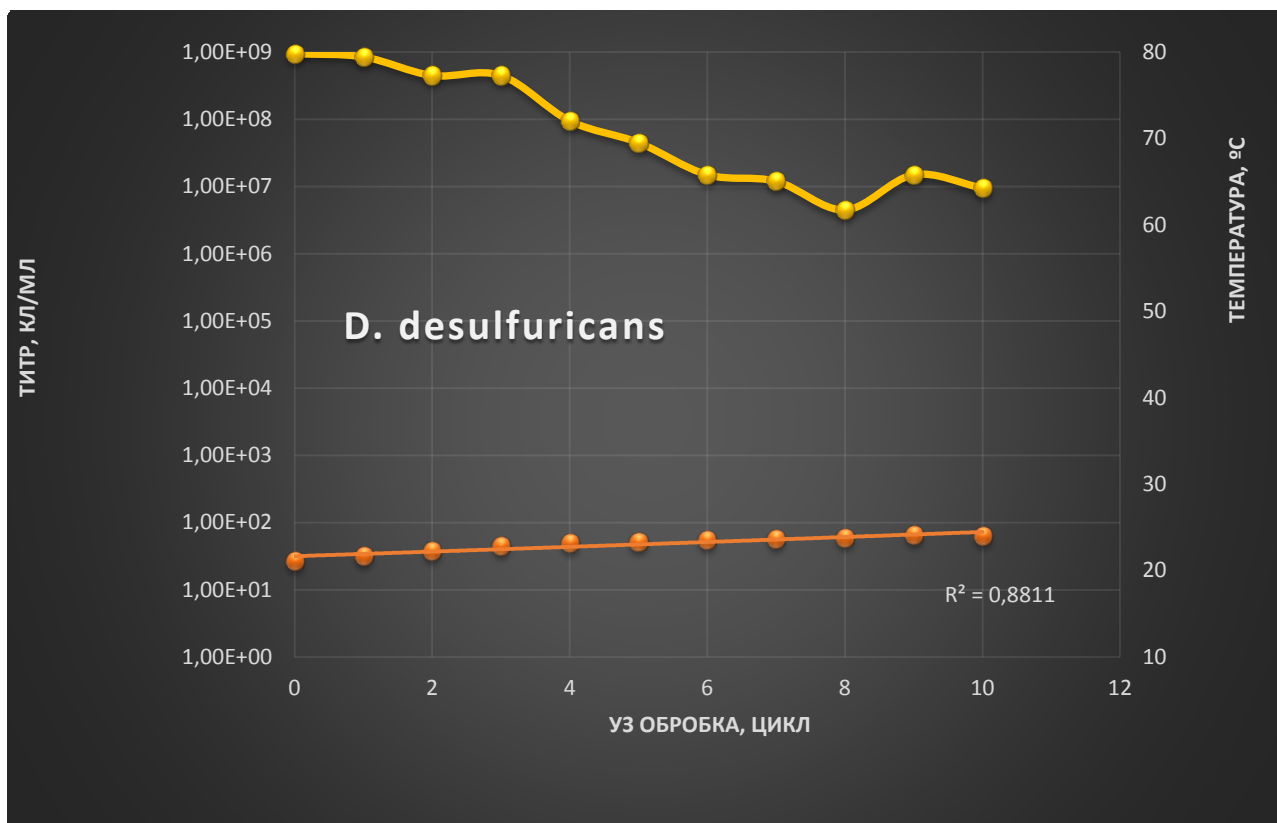


Рис. 2.7 Зміна кількості бактерій *Desulfovibrio desulfuricans*, *Saccharomyces cerevisiae* за обробки води ультразвуковим кавітатором.

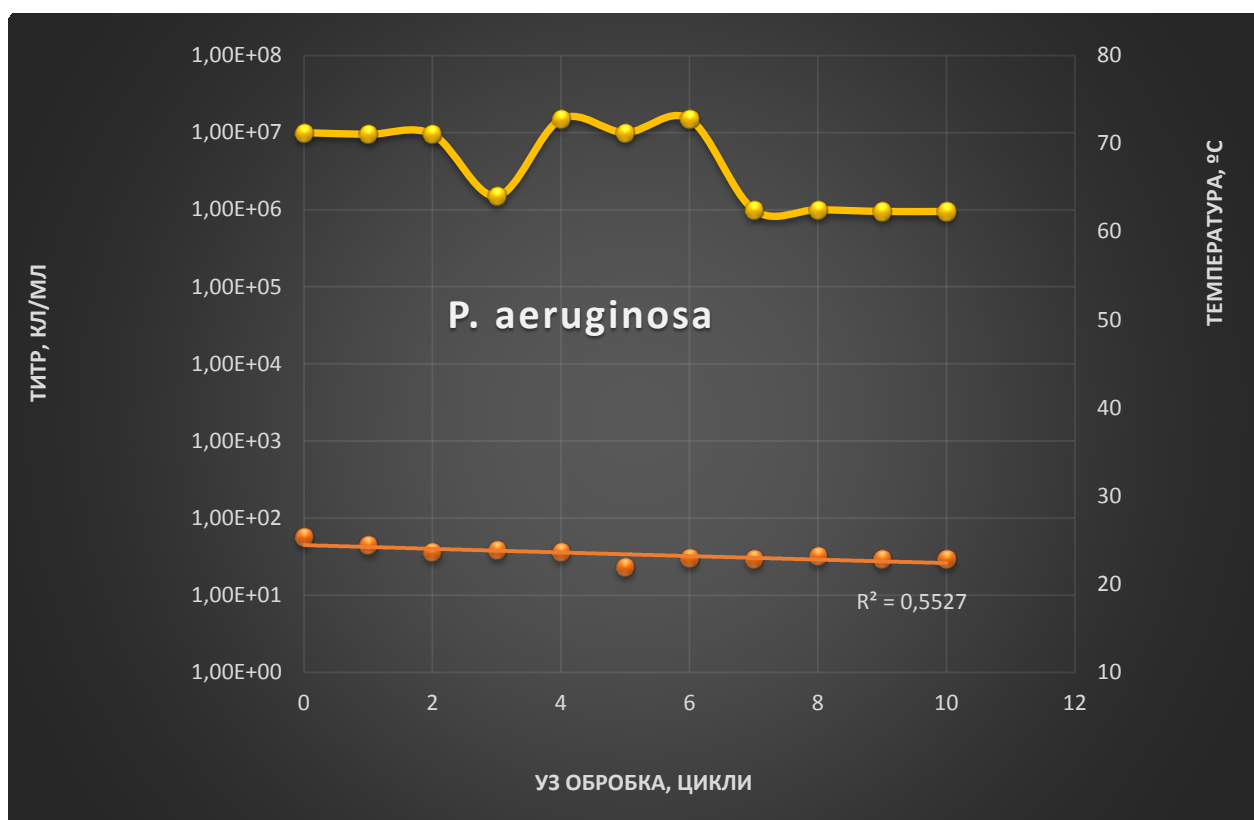
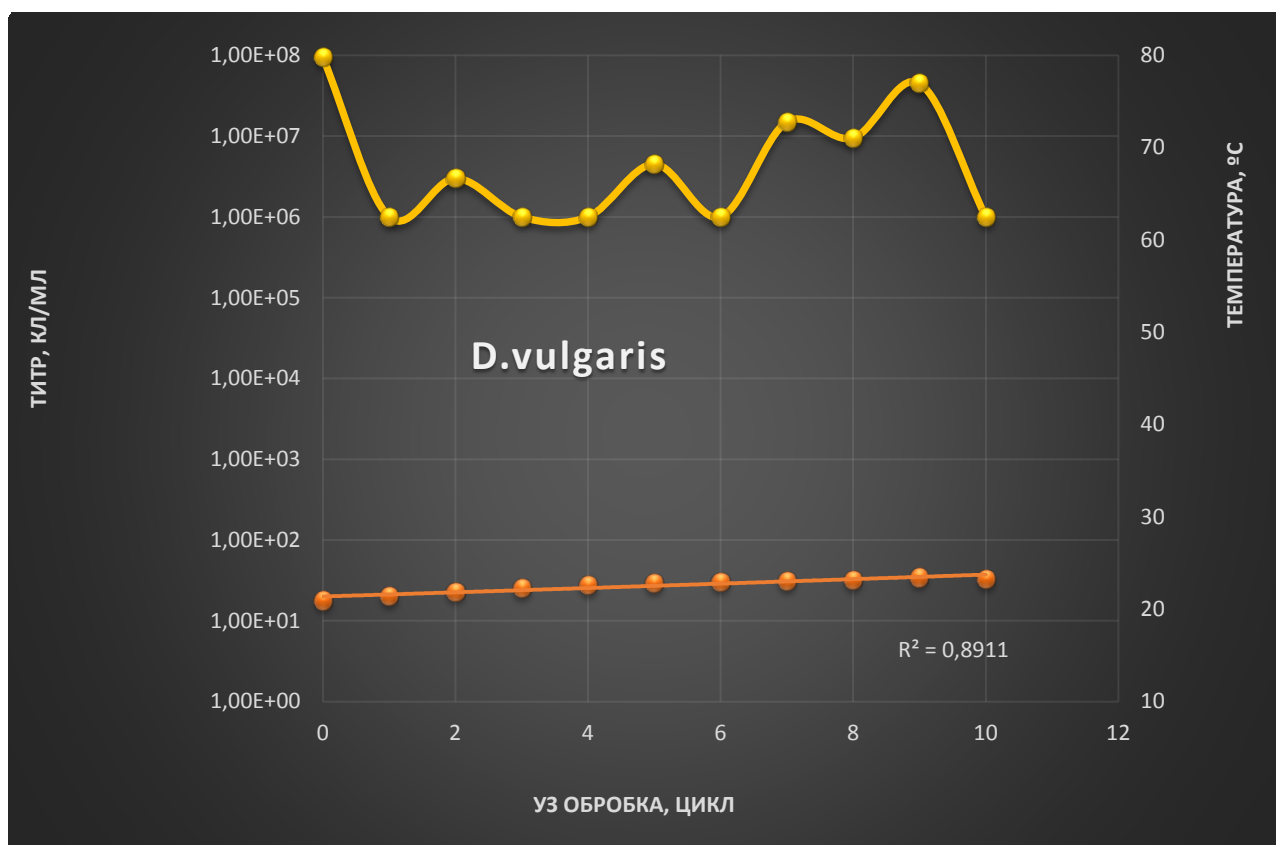


Рис. 2.8 Зміна кількості бактерій *Desulfovibrio vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* за обробки води ультразвуковим кавітатором. (Верхня крива – кільк. мікроорганізмів, , нижня – зміна температури)

Таблиця 2.1

Ефективність УЗ обробки води за наявності культур мікроорганізмів

№ п / п	Культура бактерій	Ультразвуковий кавітатор потужність 40Вт, частота 22 кГц, тривалість обробки					
		1 цикл			10 циклів		Дані апроксимації, Ефективність, 99,99999%
		Початкова кількість, кл/мл	Залишкова кількість, кл/мл	Ефективність, %	Залишкова кількість, кл/мл	Ефективність, %	Цикл*
1	<i>Escherichia coli</i>	1,0*10 ⁸	9,5*10 ⁷	5,0	1,0*10 ⁶	99,0	38-40
2	<i>Staphylococcus aureus</i>	1,5*10 ⁸	9,5*10 ⁷	36,6	1,5*10 ⁶	99,0	40-42
3	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1,0*10 ⁸	9,5*10 ⁷	5,0	9,5*10 ⁵	99,05	35-40
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,0*10 ⁸	9,5*10 ⁷	5,0	9,5*10 ⁶	90,5	55-60
5	<i>Bacillus subtilis</i>	1,5*10 ⁷	1,5*10 ⁷	0	9,5*10 ⁷	0	-**
6	<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>	9,5*10 ⁸	8,5*10 ⁸	10,5	4,5*10 ⁶	99,0	30-36
6	<i>Desulfovibrio vulgaris</i>	9,5*10 ⁷	3,0*10 ⁶	96,8	1,0*10 ⁶	98,9	-*
8	<i>Desulfovibrio sp.</i>	1,0*10 ⁸	4,5*10 ⁷	55,0	1,0*10 ⁶	99,0	60-70

*Кількість циклів необхідна для досягнення вказаної ефективності обробки 99,99999%. (згідно показників якості питної води).

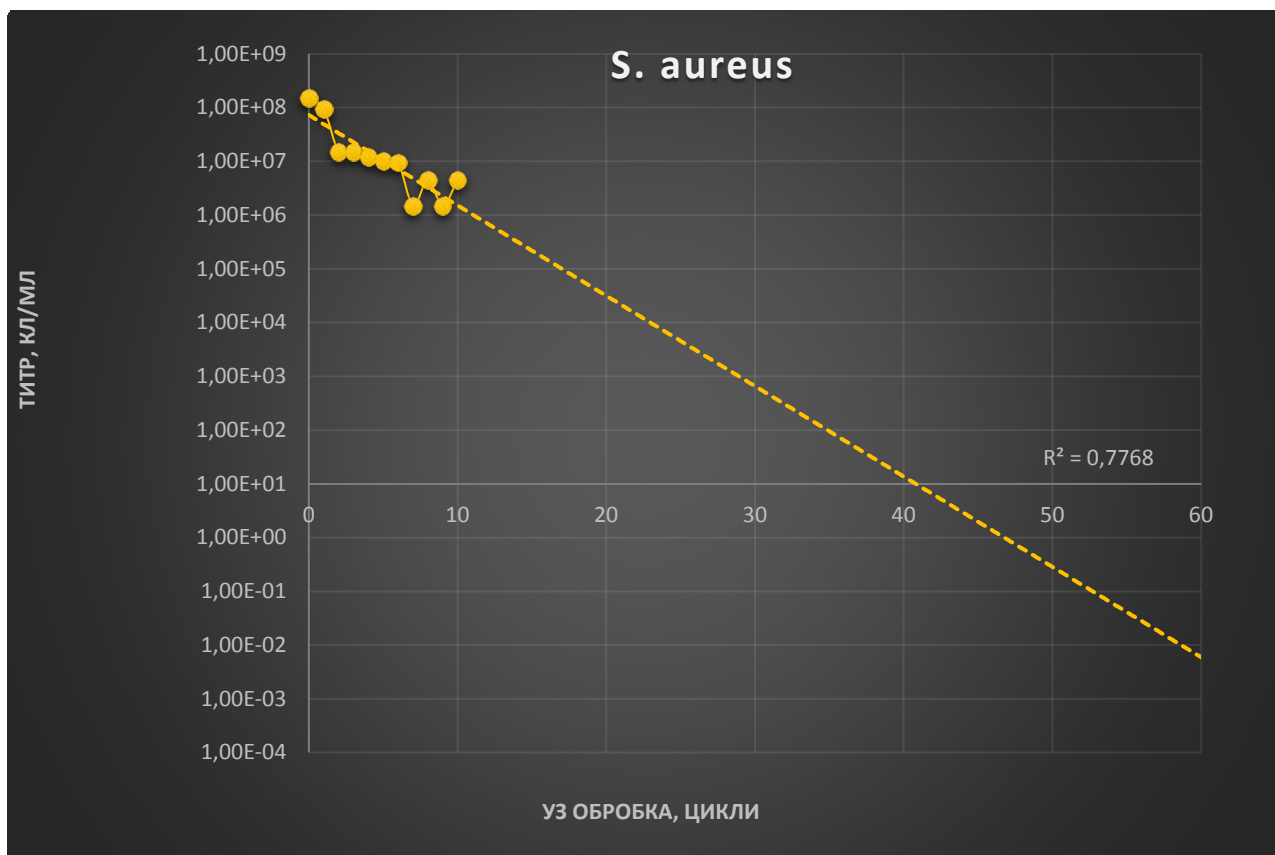


Рис.2.9 Апроксимація даних УЗ обробки за допомогою кавітатора.

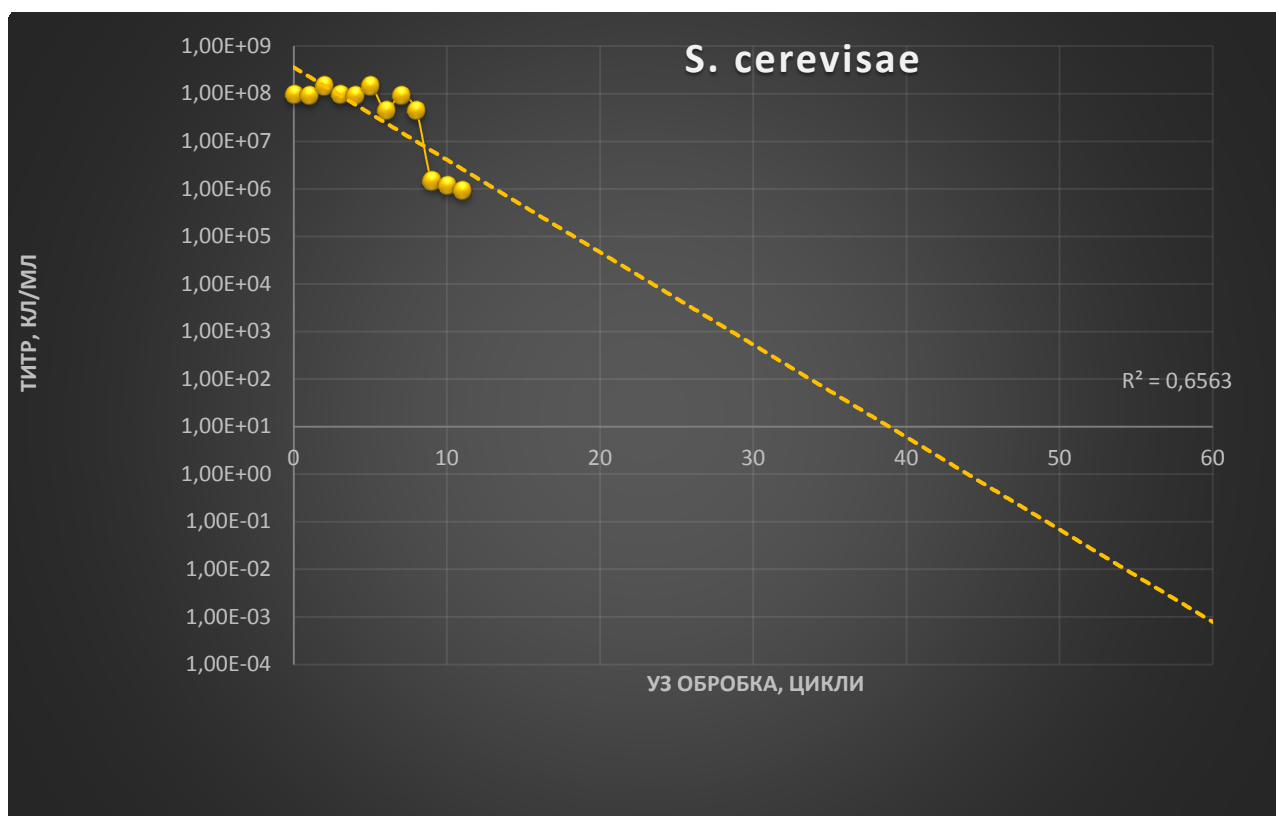


Рис.2.10 Апроксимація даних УЗ обробки за допомогою кавітатора.

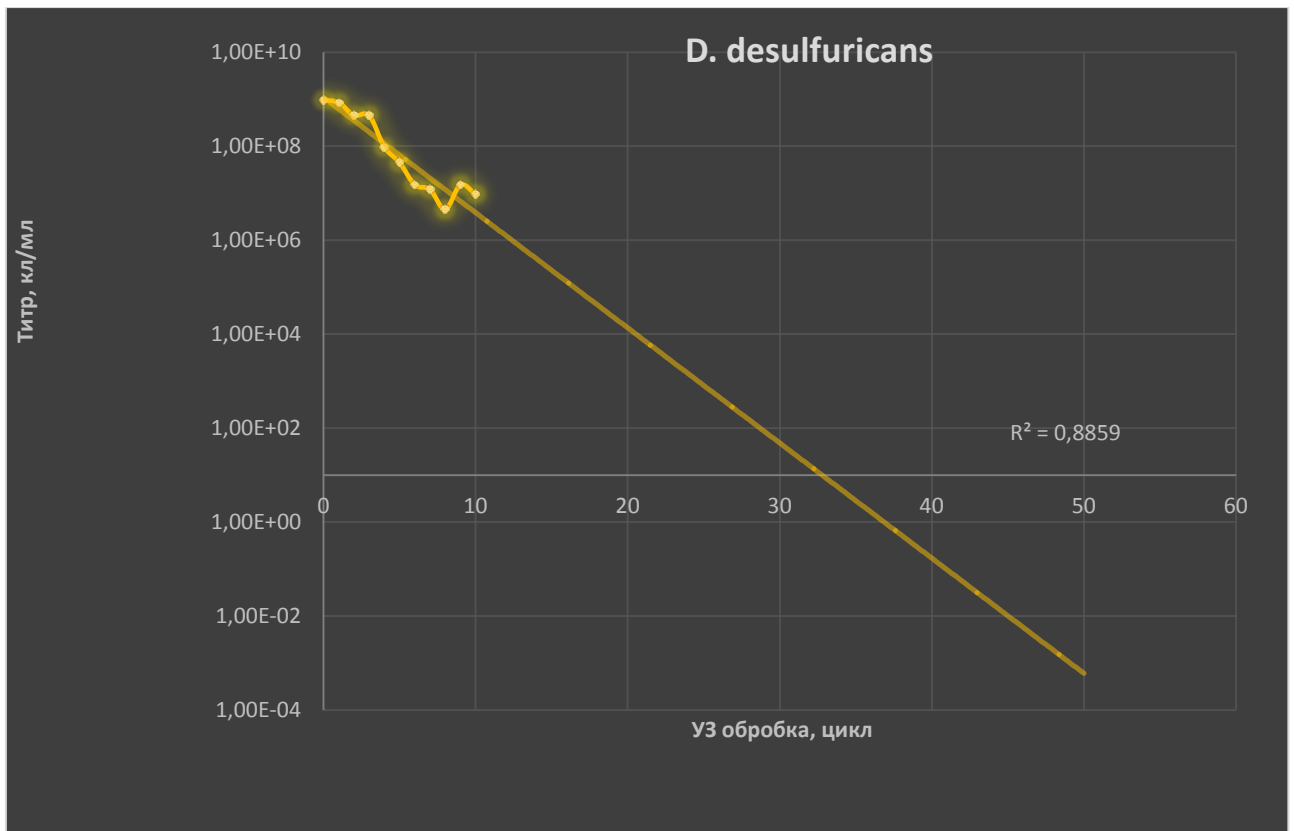


Рис.2.11 Апроксимація даних УЗ обробки за допомогою кавітатора.

Висновки:

1. Ефективність обробки і знезараження води від мікроорганізмів різних груп за допомогою кавітатора була невисокою і становила 0-55,0% (за один цикл обробки) та 96,8-99,05% (за 10 циклів обробки).
2. Згідно із нормативною документацією кількість мікроорганізмів різних груп у питній воді не повинна перевищувати значень (10^2 кл/мл, зокрема для мікроскопічних грибів, та 3 клітини на літр води для БГКП - бактерій групи кишкової палички). Тому для досягнення ефективного знезараження ефективність обробки води повинна бути збільшена на 4-5 порядки і сягати 99,99999%.
3. Кавітатор неефективний для використання його на мікроорганізмах, що формують біоплівки, зокрема *Bacillus subtilis* та *Pseudomonas aeruginosa*, ефективність обробки 0-5,0%.
4. Кавітатор виявився придатним для гомогенізації мікроорганізмів у агрегованому стані (у стані флокул, біоплівок на поверхнях тощо).

За даними апроксимації кількість циклів обробки води за допомогою даного кавітатора повинно бути більше 35-70 циклів. Для того щоб вирішити дану вимогу було застосовано примусову циркуляцію рідини за допомогою малогабаритного насосу.

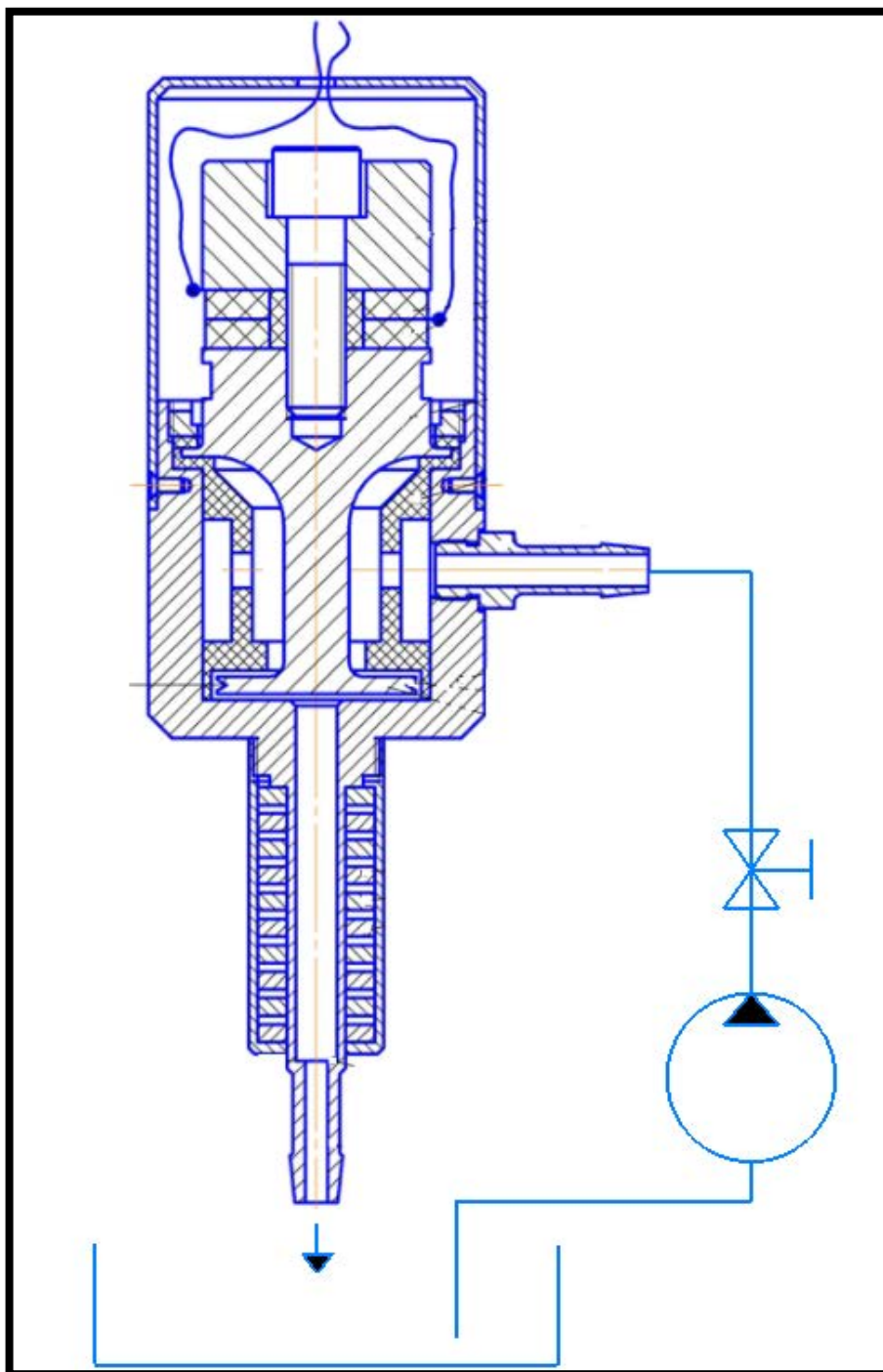


Рис. 2.12 Модернізація аналога

Після даного експерименту було вирішено домогтися примусової циркуляції рідини за рахунок вдосконалення конструкції випромінювача

2.3. Нова конструкція

Після внесення всіх конструктивних змін і доробок ми отримали схему нового приладу:

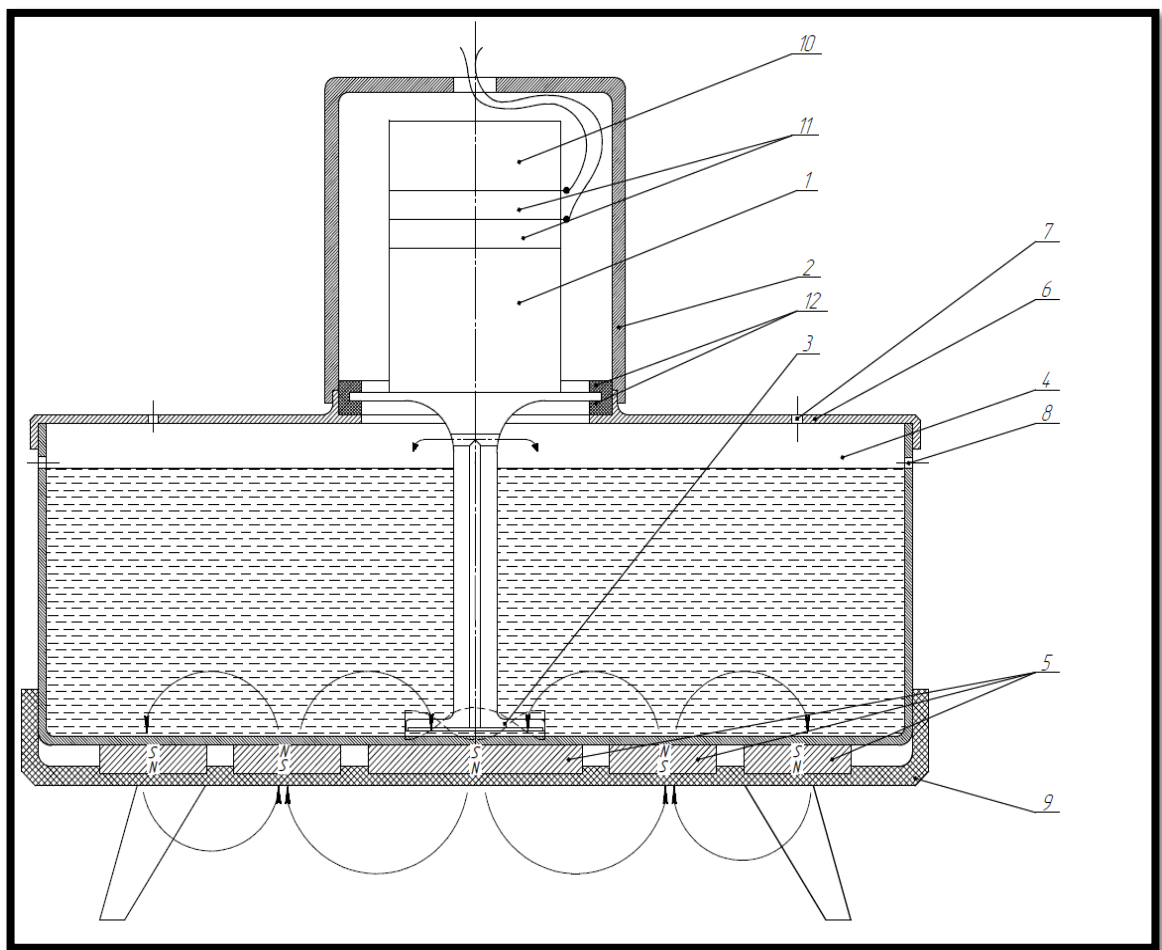


Рис.2.13 Мобільний пристрій для знезараження рідини

(1-трансформатор коливальної швидкості; 2 – захисний ковпак; 3 – дисковий вібратор; 4 – ємність; 5 – неодимові магніти; 6 – кришка ємності; 7 – атмосферний отвір; 8 – переливний отвір; 9 – полепропіленова основа; 10 – демпфуюча накладка; 11 – п'єзокерамічні кільця, 12 – фторопластові ущільнення)

Пристрій складається з плоскої циліндричної ємності (4), яка має подвійне дно з розташованими неодимовими магнітами (5) по всій площині, та кришки (6) на якій встановлено ультразвуковий кавітатор. Ультразвуковий пристрій фіксується між двома фторопластовими ущільненнями (12) та піджимається гайкою, зверху встановлено ковпак (2), що захищає відкриту частину пристрою від зовнішніх чинників. Ультразвуковий випромінювач складається з п'єзометричних кілець (11), депфуючої накладки (10) та трансформатора коливальної швидкості (1). Вихідна торцева поверхня трансформатора коливальної швидкості виконана у вигляді дискового вібратору (3) з можливістю випромінювання своїми поверхнями, його діаметр обраний меншим за половину довжини ультразвукової хвилі деформації, що встановилася по довжині ультразвукового випромінювача. Відстань між торцевою поверхнею диска та донною поверхнею ємності (4) обрана кратною парній кількості чвертей довжини ультразвукової хвилі. Уздовж осі випромінювача знаходиться циліндричний канал $d = 2$ мм для забезпечення потоку рідини. Набір неодимових магнітів (5) розташовано по радіусу плоскої, циліндричної, поліпропіленової основи (9) з поляризацією по товщині, причому магніти встановлені різнойменними полюсами один до одного. Подвійне дно пристрою виготовлено у вигляді циліндричної, поліпропіленової основи (9). В ній зроблено глухі отвори в яких розташовані неодимові магніти (5) з різною полярністю. У верхній частині ємності (4) по периметру, виконані три переливні отвори (8) для обмеження рівня рідини, а також в кришці (6) наявні два атмосферні отвори (7). Для зручності у використанні в нижній частині пристрою встановлені опори.

2.4. Принцип роботи установки

Пристрій працює наступним чином: в ємність набирається вода, яка потребує кавітаційної обробки, посудина встановлюється на рівну поверхню,

по переливним отворах (8) контролюється необхідна кількість води, це дозволяє утворити необхідний для роботи повітряний прошарок, після чого ємність (4) закривається кришкою (6) в якій виготовлені атмосферні отвори, що необхідні для утворення атмосферного тиску. Ця порожнина не дозволяє змочувати вузлову точку кріплення ультразвукового випромінювача. В разі змочування цієї точки ультразвукова енергія може стікати в рідину і не доходити в повному обсязі до поверхні випромінювання дискового вібратора (3), зменшуючи ефективність роботи випромінювача. Пристрій готовий до роботи. При подачі високочастотної напруги від генератора коливань на п'єзoelementи (11) випромінювача, створюються поздовжні резонансні, пружні коливання, які дорівнюють частоті власних коливань рідини. Це призводить до виникнення резонансних коливань рідини, що забезпечує максимальну ефективність обробки рідини. Ультразвукова хвиля вводиться в рідину з інтенсивністю, яка перевищує поріг виникнення кавітації в рідині та максимальна інтенсивність коливань має місце на поверхні випромінювання дискового вібратора (3). Потім завдяки кавітаційному прошарку що утворюється на поверхні вібратора відбувається різке зменшення інтенсивності ультразвуку. Це відбувається в наслідок розсіювання ультразвуку у кавітаційному прошарку на поверхні дискового вібратору. Тому максимальний кавітаційний ефект буде в кавітаційному прошарку, на поверхні дискового вібратора. Випромінюючи ультразвук в щілинний зазор, збільшуючи площу поверхні випромінювання, тобто кавітаційного прошарку, в якому рідина, що протікає, піддається інтенсивній кавітаційній обробці. Оскільки діаметр випромінюючого вібратора (3) обраний меншим за половину довжини ультразвукової хвилі деформації, що встановилася по довжині ультразвукового випромінювача, вібратор (3) здійснює поршневі, а не згинальні коливання. Торцеве відбиття утворює хвилю деформації яка буде схлопуватись та витискувати воду у канал, через який буде проходити циркуляція води. Цей канал розміщено перпендикулярно до поверхні випромінювання дискового вібратора і тому ультразвукова хвиля буде

заходити в нього утворюючи завдяки його регламентованій довжині хвилю деформації. Тому в цьому каналі також буде відбуватися обробка рідини, але вже з меншою інтенсивністю ніж в зазорі між дисковим вібратором (3) та дном ємності (4). Потужні неодимові магніти (5), що охоплюють все дно ємності, створюють знакозмінне магнітне поле, яке здійснює інтенсивну магнітну обробку рідини. За рахунок того, що рідина в ємності постійно циркулюється, відбувається багатократний цикл знезараження рідини.

2.5. Властивості очищеної води

Структурування води у кавітаційному приладі досягається за рахунок потужних неодимових магнітів, що в свою чергу забезпечують в об'ємі води тривале утримування когерентного спінового стану атомів і молекул води. Завдяки цьому в об'ємі води щабезпечується:

- відновлення початкової, природної структури молекул води;
- відсутність утворюється глобули у воді, які складаються з сотень тисяч одиничних молекул води.
- збільшення швидкості випадання в осад механічних домішок та розчинних солей (самоочищення води).

Структурована вода являється антиоксидантом, онкопротектором, подавляє життєдіяльність вірусів, підвищує згортання крові, швидкість загоєння ран, активує захисні функції організму, покращує дію лікарських препаратів, синхронізує і відновлює біоритми організму, прибирає післястресові напруги, підвищує швидкість росту рослин і збільшує врожайність сільськогосподарських культур.

Одночасне використання ультразвукової кавітації і спінової структуризації в результаті дає ефективну стерелізацію води без застосування небезпечних і шкідливих для здоров'я людини хімічних реагентів. При цьому спостерігається сильний оздоровлюючий ефект.[11]

2.6. Висновки по розділу 2

В даному розілі було розглянуто доступні конструкції пристроїв для знезараження рідини. За експериментальним випробуванням було обрано сама ефективна конструкція, яка послужила основою для нового пристрою.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ВІБРОПРИВОДУ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ.

Використовуючи ультразвукові диспергатори можливе отримання дрібнодисперсного аерозолю, а також включно задану форму факела розпилення.

Факельну форму ми можемо визначити за допомогою геометрії розпилюючої поверхні, щоб це зробити, на кінцях ультразвукового трансформатора робляться потовщення або кріпиться ще один віброелемент, допустимий варіант у вигляді кільця, за рахунок цього виконується розпилення рідини використовуючи бічну поверхню, яка виконує радіально-згібальне коливання.

При спільній роботі різних ділянок коливальної системи диспергатора потрібно провести розрахунок із врахуванням матеріалів та їх характеристик, що застосовуються, габаритних параметрів. [14]

3.1. 1/2-хвильовий ультразвуковий диспергатор

Включаючи конструкційні габарити диспергатора, можна зробити висновок, що вони можуть забезпечити застосування 1/2-хвильової акустичної системи (рис.3.1). Для такої системи, яка виконує гармонічні коливання, загальне вираження виразу поздовжніх коливань можна записати як:

$$U_1(x,t) = (A \cos \frac{\omega}{C_1} x + B \sin \frac{\omega}{C_1} x) \sin(\omega t + \varphi); \quad (1)$$

$$U_2(x,t) = (C \cos \frac{\omega}{C_2} x + D \sin \frac{\omega}{C_2} x) \sin(\omega t + \varphi); \quad (2)$$

$$U_3(x,t) = (Q \cos \frac{\omega}{C_3} x + G \sin \frac{\omega}{C_3} x) \sin(\omega t + \varphi); \quad (3)$$

Граничні умови для коливальної системи відповідно за нашою розрахунковою схемою рис.3.1 представимо у вигляді

$$U_3 = 0 \text{ при } x = -a_3; \quad (4)$$

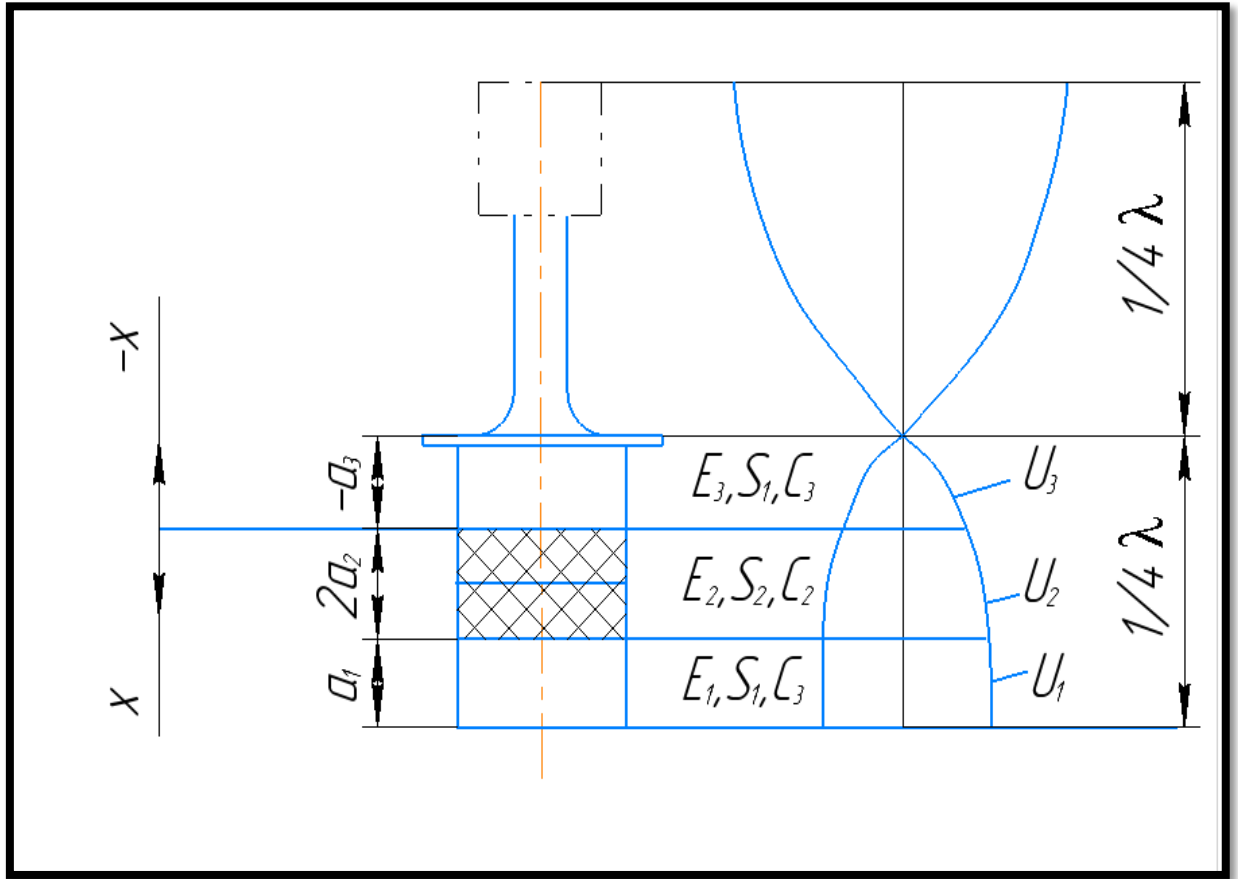


Рис.3.1 Розрахункова схема 1/2-хвильового ультразвукового диспергатора.

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= U_3 \\ E_2 S_2 \frac{\partial U_2}{\partial x} &= E_3 S_1 \frac{\partial U_3}{\partial x} \end{aligned} \right\} \text{ при } x=0; \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= U_1 \\ E_2 S_2 \frac{\partial U_2}{\partial x} &= E_1 S_1 \frac{\partial U_1}{\partial x} \end{aligned} \right\} \text{ при } x=2 a_2; \quad (6)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial x} = 0 \text{ при } x = a_1 + 2 a_2. \quad (7)$$

За допомогою умови (4) з рівняння (3) можемо отримати

$$Q \cos \frac{\omega}{C_3} a_3 = G \sin \frac{\omega}{C_3} a_1$$

$$\text{або} \quad Q = G \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_3} a_3 . \quad (8)$$

При цьому рівняння (55) набуває вигляду

$$U_3(x, t) = G \left(\sin \frac{\omega}{C_3} x + \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_3} a_3 \cos \frac{\omega}{C_3} x \right) \sin(\omega t + \varphi) . \quad (9)$$

Перша половина граничної умови (5) дозволяє з рівнянь (2) і (9) отримати

$$C = G \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_3} a_3 . \quad (10)$$

Друга половина умови (5) після диференціювання рівнянь (2) і (9) дозволить записати:

$$E_2 S_2 \frac{D}{C_2} = E_3 S_1 \frac{G}{C_3}$$

$$\text{або} \quad \frac{D}{G} = \frac{E_3}{E_2} \frac{S_1 C_2}{S_2 C_3} . \quad (11)$$

Тоді спільне рішення (10) і (11) дозволяє отримати

$$\frac{D}{C} = \frac{E_3}{E_2} \frac{S_1 C_2}{S_2 C_3 \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_3} a_3} . \quad (12)$$

Гранична умова (7) призводить рівняння (1) до рівності

$$B = A \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) . \quad (13)$$

З урахуванням (13) рівняння (1) перепишемо у вигляді

$$U_1(x, t) = A \left[\cos \frac{\omega}{C_1} x + \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \sin \frac{\omega}{C_1} x \right] \sin(\omega t + \varphi) . \quad (14)$$

Облік першої частини умови (6) призводить рівняння (2) і (14) до виду

$$C(\cos \frac{\omega}{C_2} 2a_2 + \frac{D}{C} \sin \frac{\omega}{C_2} 2a_2) = A[\cos \frac{\omega}{C_1} 2a_2 + \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \sin \frac{\omega}{C_1} 2a_2]. \quad (15)$$

Друга половина граничної умови (6) після диференціювання дозволяє записати рівність (16)

$$C(\frac{D}{C} \cos \frac{\omega}{C_2} 2a_2 - \sin \frac{\omega}{C_2} 2a_2) = A \frac{E_1 S_1 C_2}{E_2 S_2 C_1} [\operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \cos \frac{\omega}{C_1} 2a_2 - \sin \frac{\omega}{C_1} 2a_2].$$

Розділивши рівності (15) і (16) і враховуючи співвідношення (12) після перетворень отримаємо вихідне вираз

$$a_3 = \frac{C_3}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{E_3 S_1 C_2 (Z \cos \frac{\omega}{C_2} 2a_2 - \sin \frac{\omega}{C_2} 2a_2)}{E_2 S_2 C_3 (Z \sin \frac{\omega}{C_2} 2a_2 + \cos \frac{\omega}{C_2} 2a_2)}, \quad (17)$$

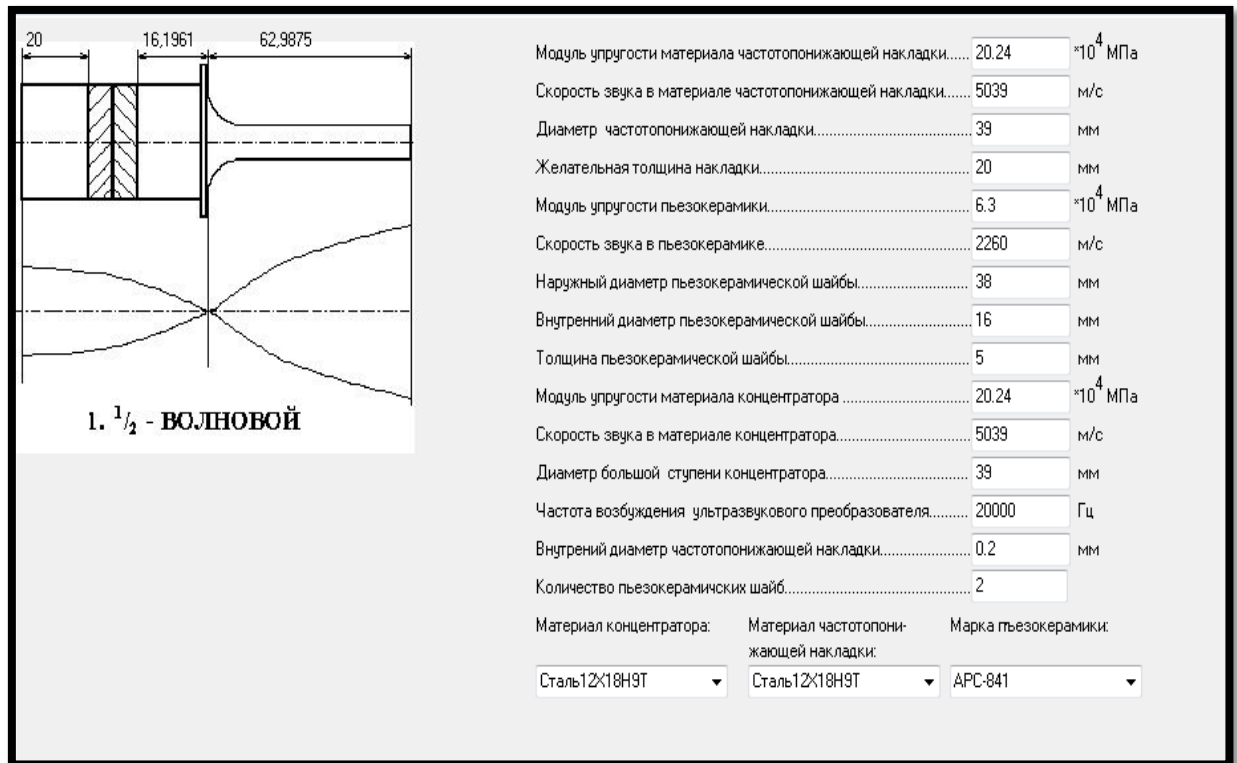
$$\text{де } Z = \frac{E_2 S_2 C_1 [\cos \frac{\omega}{C_1} 2a_2 + \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \sin \frac{\omega}{C_1} 2a_2]}{E_1 S_1 C_2 [\operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \cos \frac{\omega}{C_1} 2a_2 - \sin \frac{\omega}{C_1} 2a_2]}.$$

За допомогою отриманих формул ми можемо визначити акустичні розміри елементів конструкцій ультразвукових диспергаторів згідно з навантаженням. [14]

3.2. Система автоматизованого проектування ультразвукового віброприводу.

Рівняння розрахункової методики дозволяє отримати акустичні розміри ультразвукових приводів, вони оформлені у вигляді системи автоматичного проектування, що дозволяє визначити конструктивні розміри ультразвукового перетворювача з урахуванням матеріалів, трансформатора швидкості коливань, частотознижуючої накладки і типу п'єзометричних кілець. Для

розрахунку необхідно внести основні параметри, а саме: матеріал виробу, модуль пружності, діаметри, частота, швидкість звуку для п'єзокераміки і т.д.

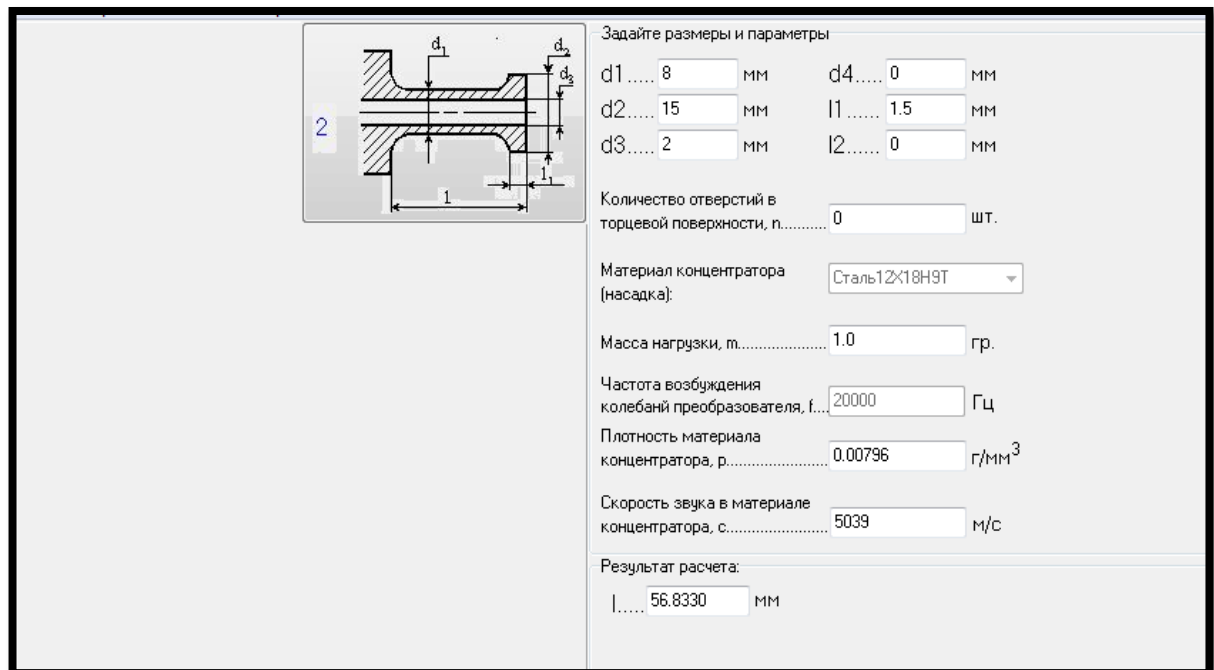


1. $1\frac{1}{2}$ - ВОЛНОВОЙ

Модуль упругости материала частотопонижающей накладки.....	20.24	$\cdot 10^4$ МПа
Скорость звука в материале частотопонижающей накладки.....	5039	м/с
Диаметр частотопонижающей накладки.....	39	мм
Желательная толщина накладки.....	20	мм
Модуль упругости пьезокерамики.....	6.3	$\cdot 10^4$ МПа
Скорость звука в пьезокерамике.....	2260	м/с
Наружный диаметр пьезокерамической шайбы.....	38	мм
Внутренний диаметр пьезокерамической шайбы.....	16	мм
Толщина пьезокерамической шайбы.....	5	мм
Модуль упругости материала концентратора.....	20.24	$\cdot 10^4$ МПа
Скорость звука в материале концентратора.....	5039	м/с
Диаметр большой ступени концентратора.....	39	мм
Частота возбуждения ультразвукового преобразователя.....	20000	Гц
Внутренний диаметр частотопонижающей накладки.....	0.2	мм
Количество пьезокерамических шайб.....	2	

Материал концентратора: Материал частотопонижающей накладки: Марка пьезокерамики:

Рис.3.2 Програма для автоматизованого проектування віброприводу (вікно 1)



2

Задайте размеры и параметры

d1..... 8 мм	d4..... 0 мм
d2..... 15 мм	l1..... 1.5 мм
d3..... 2 мм	l2..... 0 мм

Количество отверстий в торцевой поверхности, n..... 0 шт.

Материал концентратора (насадка):

Масса нагрузки, m..... 1.0 гр.

Частота возбуждения колебаний преобразователя, f..... 20000 Гц

Плотность материала концентратора, ρ 0.00796 г/мм³

Скорость звука в материале концентратора, c..... 5039 м/с

Результат расчета:

l..... 56.8330 мм

Рис.3.3 Програма для автоматизованого проектування віброприводу (вікно 2)

3.3. Математичне моделювання ультразвукового ступінчастого трансформатора.

Для збільшення амплітуди коливань робочої поверхні в ультразвуковій апаратурі часто застосовують трансформатори коливальної швидкості, серед яких, найпопулярніші циліндричні стрижневі ступінчасті концентратори поздовжніх коливань, який, в свою чергу, представляє собою резонансну систему з повздовжніми розмірами, кратними половині довжини акустичної хвилі. Поперечний розмір ступені більшого діаметра повинен бути менше половини довжини хвилі в матеріалі концентратора. Вхідним торцем такого концентратора є торець ступені більшого діаметру, а вихідним або випромінюють - торець ступені меншого діаметра.(рис.3.4)

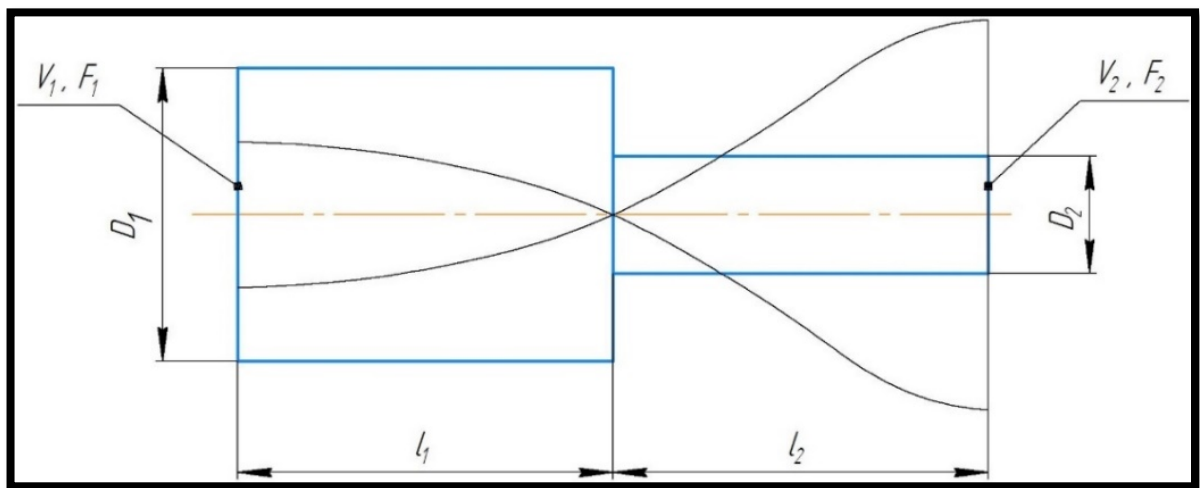


Рис. 3.4 1/2-хвильовий ступінчастий ультразвукової концентратор

Мета нашого дослідження полягає в отриманні співвідношень для визначення потрібних геометричних розмірів ступінчастого концентратора.

Коливання концентратора будемо розглядати як одновимірні. При цьому вважаємо, що фронт ультразвукової хвилі є плоским. Описати таку роботу концентратора можна за допомогою метода електромеханічних

аналогій. Електричні і механічні величини ставляться у дану відповідність (таблиця 3.1.). Для розрахунку механічної системи можна використати методи аналізу та розрахунку електричних ланцюгів.

Електричний параметр	Механічний параметр
U - напруга	F - сила
I - струм	V - коливальна швидкість
L - індуктивність	m - маса
C - ємність	C_m - гнучкість
R - опір	r_m - опір втрат

Табл 3.1. Відповідність електричних і механічних параметрів.

Складові концентратора розглянемо у вигляді еквівалентних відрізків, що описуються матрицями. Знехтуючи опором втрат постійна ультразвукових коливань, можна розрахувати таким чином:

$$k = \frac{\omega}{c} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c}, \quad (1)$$

де ω - колова частота, c - швидкість звуку в матеріалі стержня, f - частота

Еквівалентна $|A|$ -матриця заміщення стрижня довжиною l , площею S перетину і хвильовим опором $Z_o = \rho \cdot c \cdot S$ має вигляд:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ V_1 \end{bmatrix} = |A| \times \begin{bmatrix} F_2 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_2 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(k \cdot l) & j \cdot Z_o \cdot \sin(k \cdot l) \\ j \cdot \frac{\sin(k \cdot l)}{Z_o} & \cos(k \cdot l) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_2 \\ V_2 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Вхідний імпеданс стрижня, навантаженого на імпеданс Z_H , може бути знайдений за рівнянням:

$$Z_{BX} = \frac{a_{11} \cdot Z_H + a_{12}}{a_{21} \cdot Z_H + a_{22}}. \quad (3)$$

Ставлення коливальних швидкостей на торцевих поверхнях стержня:

$$N = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{a_{21} \cdot Z_H + a_{22}}. \quad (4)$$

Резонансну довжину стрижня 1/4-хвильової довжини можна знайти вирішивши рівняння:

$$a_{21} \cdot Z_H + a_{22} = 0. \quad (5)$$

Так як імпеданс навантаження у вигляді маси дорівнює:

$$Z_H = j \cdot \omega \cdot m = j \cdot \omega \cdot \rho \cdot h_H \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (D_H^2 - D_2^2) \quad (6)$$

Отримуємо рівняння для знаходження резонансної довжини 1/4-хвильового стрижня, навантаженого масою:

$$\frac{j \cdot \sin(k \cdot l_2)}{\rho \cdot c \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D_2^2} \cdot j \cdot \omega \cdot \rho \cdot h_H \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (D_H^2 - D_2^2) + \cos(k \cdot l_2) = 0. \quad (7)$$

В результаті вирішення цього рівняння можна знайти вираз для розрахунку довжини ступені меншого діаметра концентратора:

$$l_2 = l_1 - \frac{1}{k} \cdot \arctg \left(k \cdot h_H \cdot \frac{D_H^2 - D_2^2}{D_2^2} \right). \quad (8)$$

Позначивши через $|A|$ матрицю ступені більшого діаметра концентратора, а через $|\bar{A}|$ - матрицю ступені меншого діаметра концентратора, шляхом їх множення отримаємо результуючу матрицю концентратора:

$$|A_K| = |A| \times |\bar{A}| = \begin{vmatrix} a_{11} \cdot \bar{a}_{11} + a_{12} \cdot \bar{a}_{21} & a_{11} \cdot \bar{a}_{12} + a_{12} \cdot \bar{a}_{22} \\ a_{21} \cdot \bar{a}_{11} + a_{22} \cdot \bar{a}_{21} & a_{21} \cdot \bar{a}_{12} + a_{22} \cdot \bar{a}_{22} \end{vmatrix}. \quad (9)$$

Так як довжина ступені більшого діаметра концентратора дорівнює чверті довжини хвилі, то на резонансній частоті вказаний добуток дорівнює:

$$k \cdot l_1 = \pi/2. \quad (10)$$

На резонансній частоті $|A|$ матриця ступені більшого діаметра набуде вигляду:

$$|A| = \begin{vmatrix} 0 & j \cdot Z_1 \\ \frac{j}{Z_1} & 0 \end{vmatrix}. \quad (11)$$

В результаті на резонансній частоті матриця $|A_K|$ концентратора має вигляд:

$$|A_K| = \begin{vmatrix} -\frac{Z_1}{Z_2} \cdot \sin(k \cdot l_2) & \frac{j \cdot \cos(k \cdot l_2)}{Z_1} \\ \frac{j \cdot \cos(k \cdot l_2)}{Z_1} & -\frac{Z_2}{Z_1} \cdot \sin(k \cdot l_2) \end{vmatrix}. \quad (12)$$

Для холостого ходу і ненавантаженою масою концентратора довжина ступені меншого діаметра концентратора дорівнює:

$$l_2 = \lambda/4 \quad (13)$$

В результаті коефіцієнт трансформації швидкості дорівнює:

$$\frac{V_2}{V_1} = N_{\max} = \frac{1}{a_{21} \cdot Z_H + a_{22}} = \frac{1}{a_{22}} = -\frac{Z_1}{Z_2} = -\frac{D_1^2}{D_2^2}. \quad (14)$$

Такий результат збігається з відомим, а знак «-» говорить про те, що коливальні швидкості на торцях концентратора знаходяться в протифазі.

У разі навантаження трансформатора швидкості масою, коефіцієнт трансформації набуває вигляду:

$$N = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{\frac{j \cdot \cos(k \cdot l_2)}{Z_1} \cdot j \cdot \omega \cdot m - \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \sin(k \cdot l_2)}. \quad (15)$$

Після перетворень отримуємо такий вираз для коефіцієнта трансформації швидкості:

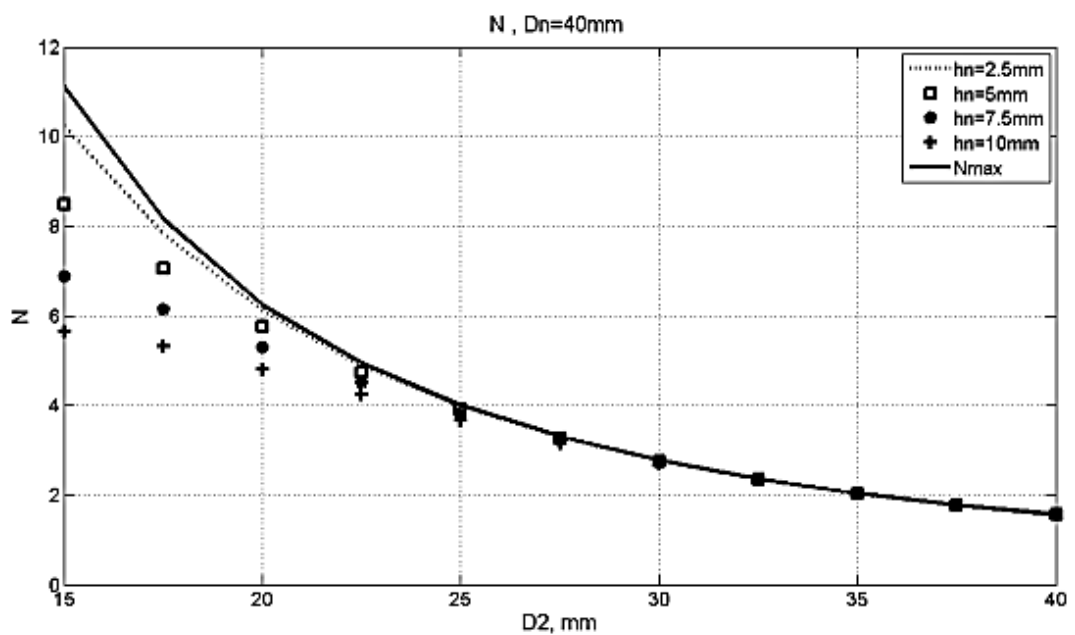
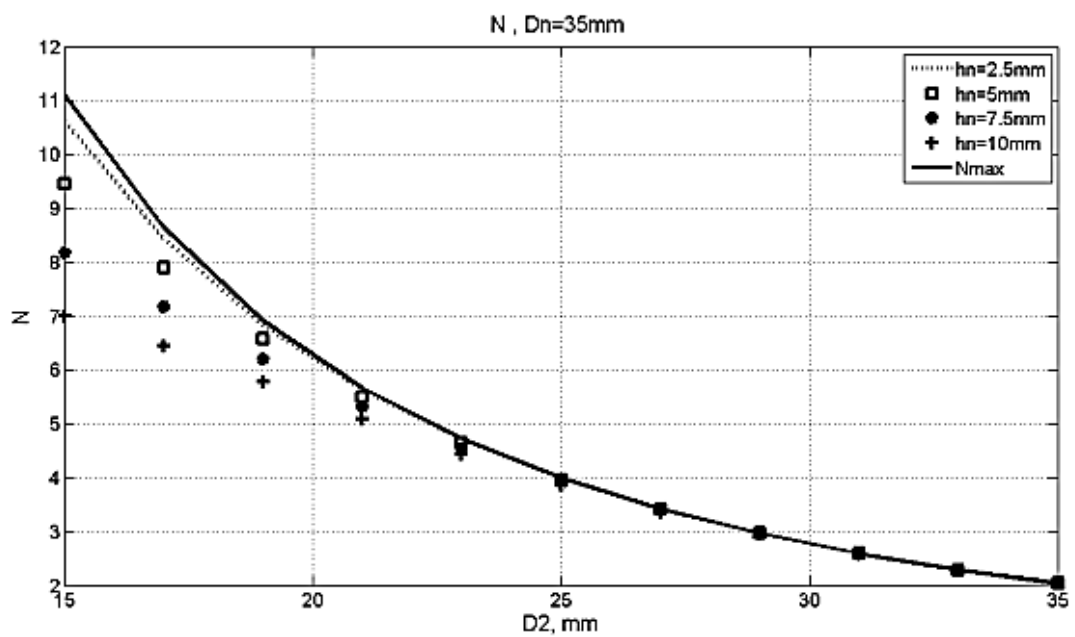
$$N = \frac{V_2}{V_1} = -\frac{1}{\left[\left(\frac{D_H^2 - D_2^2}{D_1^2} \cdot k \cdot h_H \right) \cdot \cos(k \cdot l_2) + \frac{D_2^2}{D_1^2} \cdot \sin(k \cdot l_2) \right]}. \quad (16)$$

Вираз який ми отримали дозволяє оптимізувати коефіцієнт трансформації концентратора і його геометричні розміри.

Проілюструємо застосування отриманого виразу на прикладі розрахунку концентратора з наступними параметрами: матеріал концентратора Д16Т (2024Т4) з щільністю 2780 кг / м³, швидкістю звуку 6320 м / с, робоча частота 22кГц, діаметр товстої частини концентратора 50мм.

Розрахунок проводився для діаметра грибоподібного закінчення 35мм, 40мм і 45мм. При цьому товщини грибоподібного закінчення варіювалися від 2,5 мм до 10 мм, з кроком 2,5 мм.

В результаті розрахунків (рис.3) видно, що ефективність трансформатора зі збільшенням товщини і діаметра грибоподібного закінчення знижується.



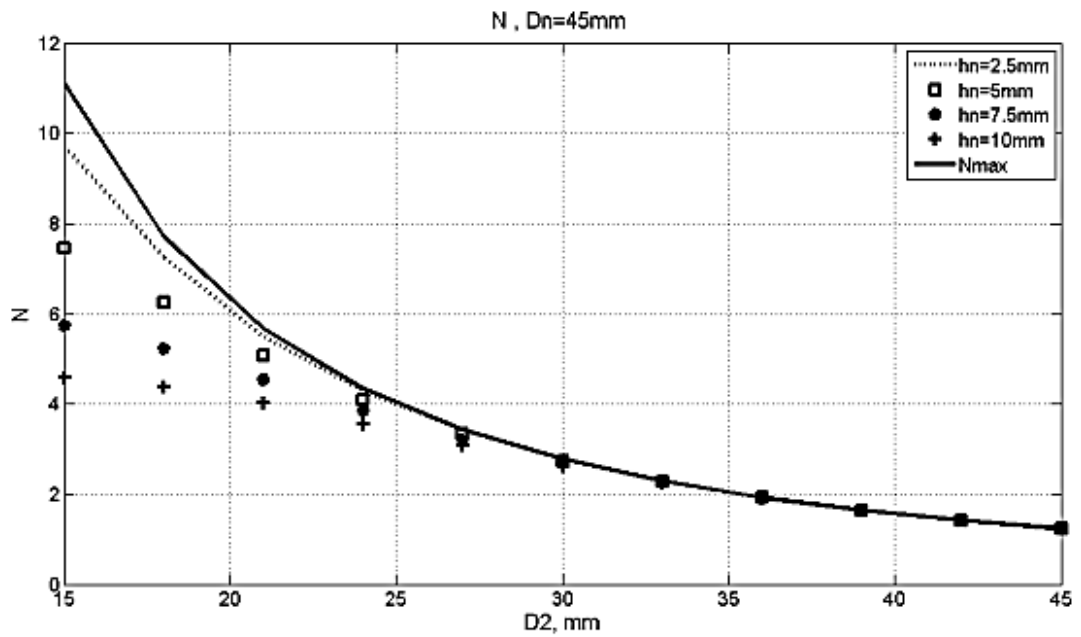


Рис.3.5 Результати теоретичного розрахунку коефіцієнта трансформації для різних розмірів грибоподібного закінчення

Щоб перевірити теоретичні розрахунки, ми побудували модель трансформатора з грибоподібним закінченням та розраховували параметри за допомогою метода кінцевих елементів. Можна відмітити, що грибоподібне закінчення виконує різні згинальні коливання на різних модах, в залежності від розмірів (рис.3.9 - рис.3.11).

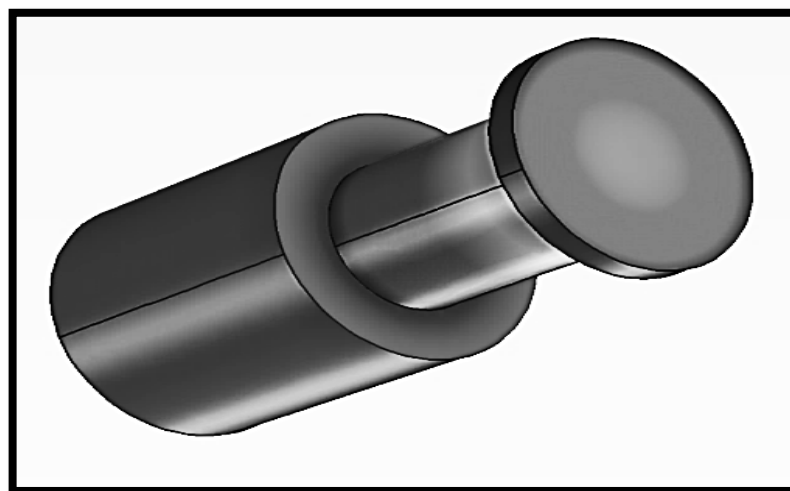


Рис. 3.6 Мода коливань для, $h_H = 5\text{мм}$, $D_H = 45\text{мм}$, $D_2 = 30\text{мм}$

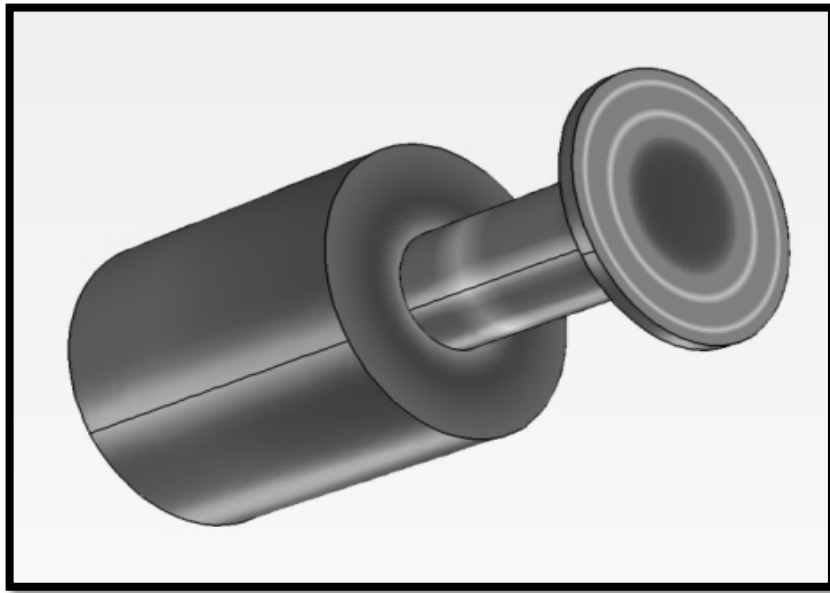


Рис. 3.7 Мода коливань для, $h_H = 2,5\text{мм}$, $D_H = 45\text{мм}$, $D_2 = 20\text{мм}$

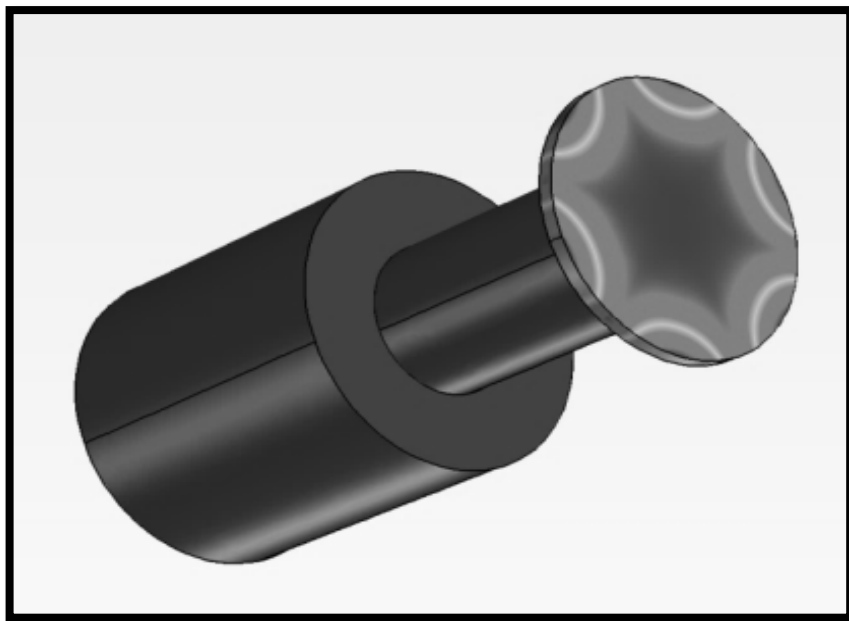
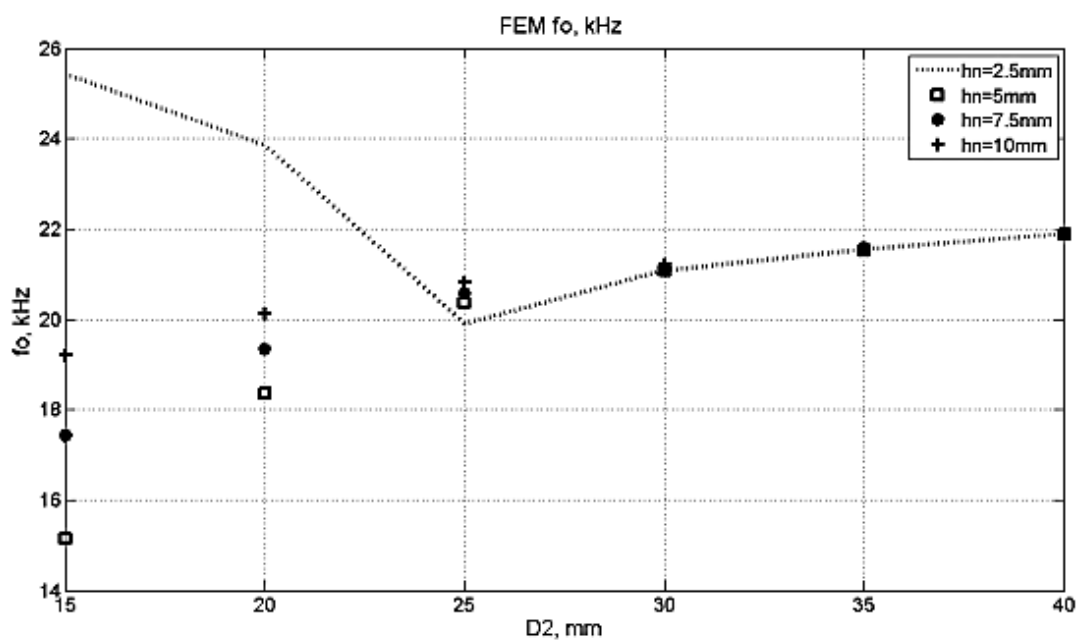
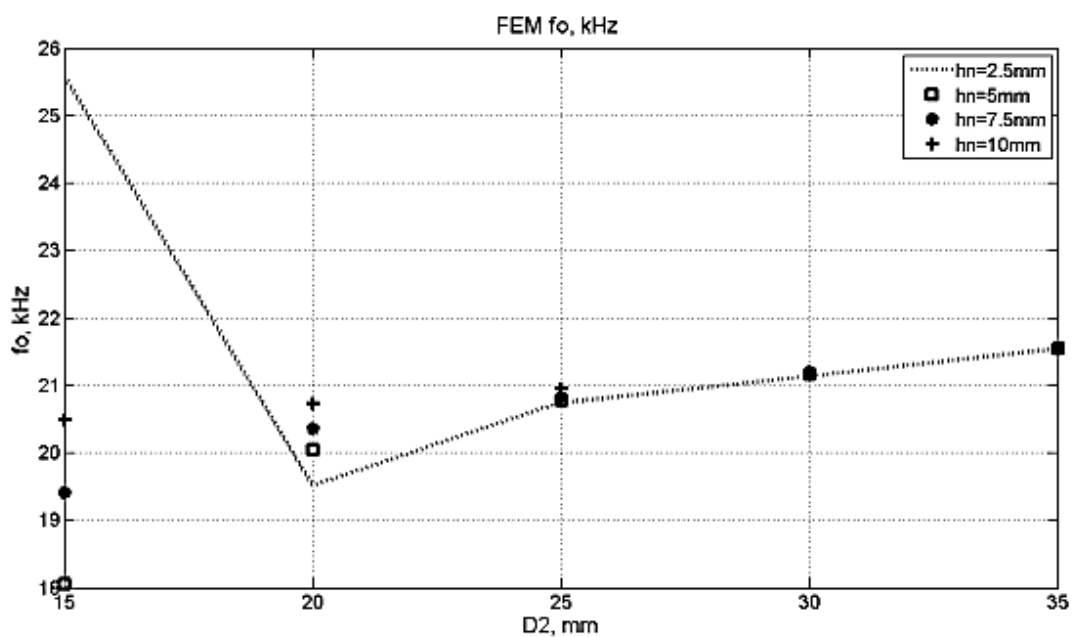


Рис. 3.8 Мода коливань для, $h_H = 2,5\text{мм}$, $D_H = 45\text{мм}$, $D_2 = 20\text{мм}$

Слід зазначити, що при моді (рис.3.9) фактична резонансна частота виявлялася нижче, а при модах вищих порядків (рис.3.10, рис.3.11) - вище розрахункової (рис.3.12).



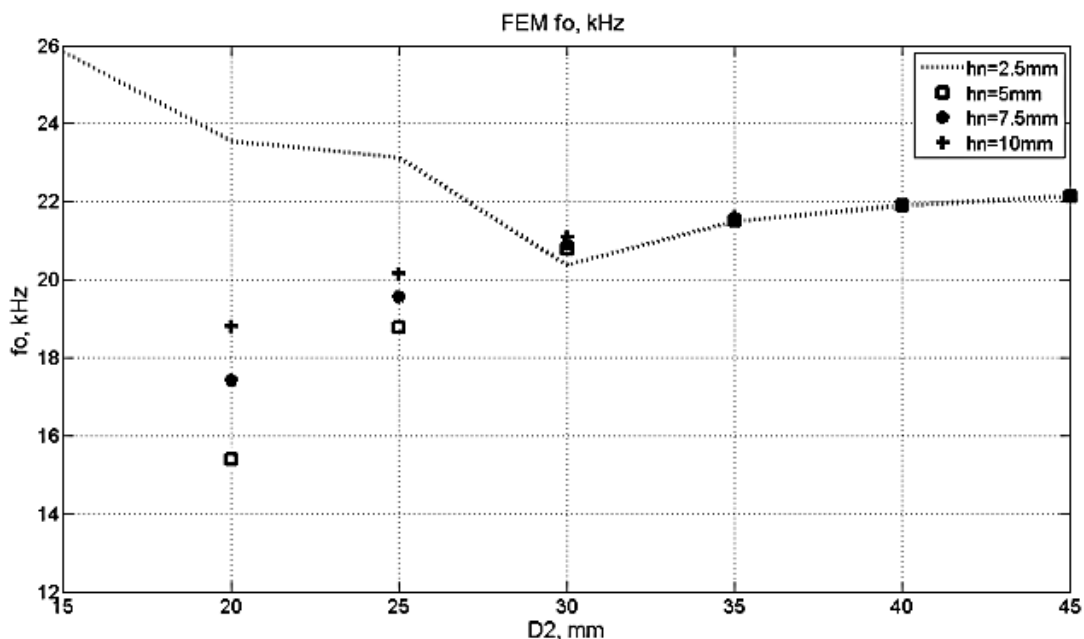
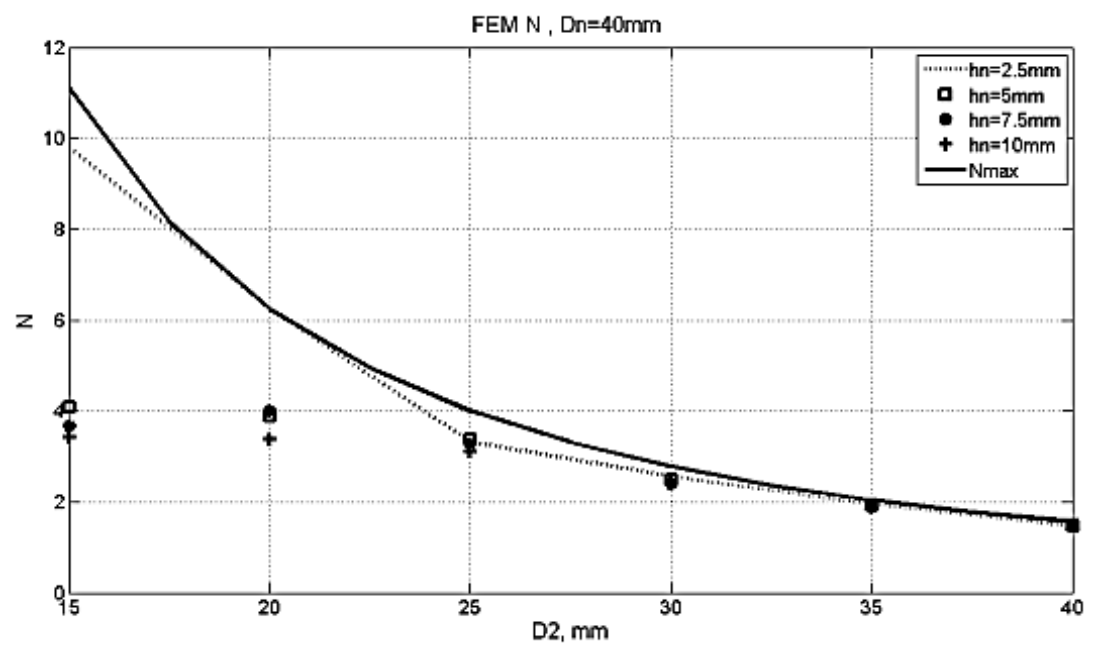
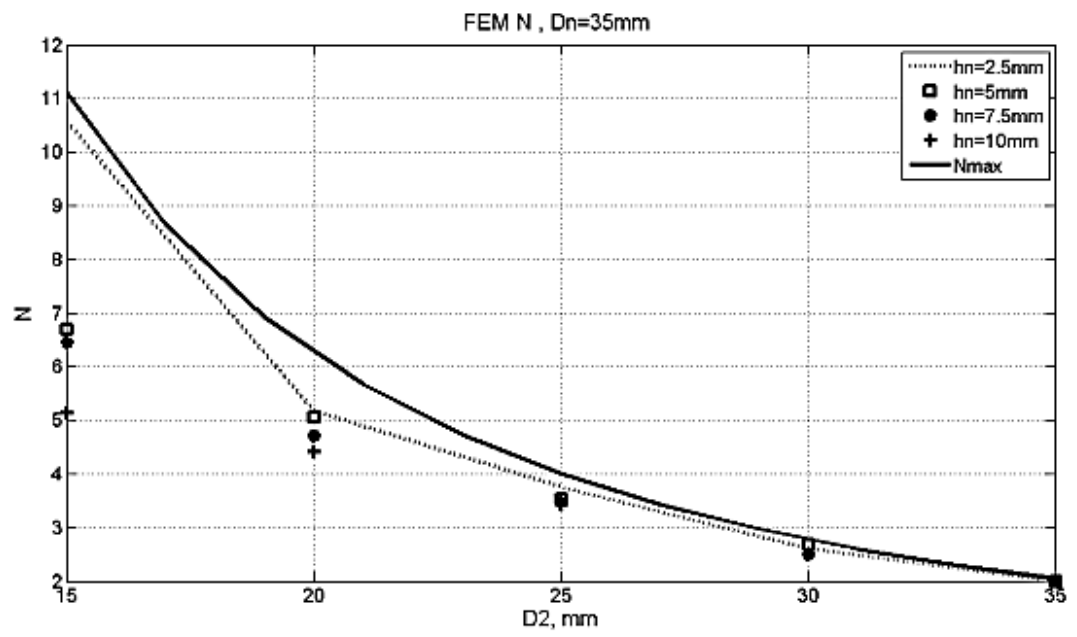


Рис.3.9 Резонансні частоти трансформатора швидкості при різних розмірах грибоподібного закінчення отримані методом кінцевих елементів

При товщині грибоподібного закінчення 2,5 мм та різниці діаметрів більше 30мм з'являються згинальні коливання вищих порядків. Також відзначимо, що згинальні коливання впливають на резонансну частоту, що говорить про істотну похибку моделі.

В результаті математичного моделювання було встановлено, що при збільшенні коефіцієнта трансформації проявляється розбіжність з теоретичними розрахунками (рис.3.12). Винятком є результати, отримані для товщини грибоподібного закінчення 2,5 мм, при цьому в закінченні з'являються коливання вищих порядків, які супроводжуються появою на поверхні, що випромінює, вузлових окружностей.



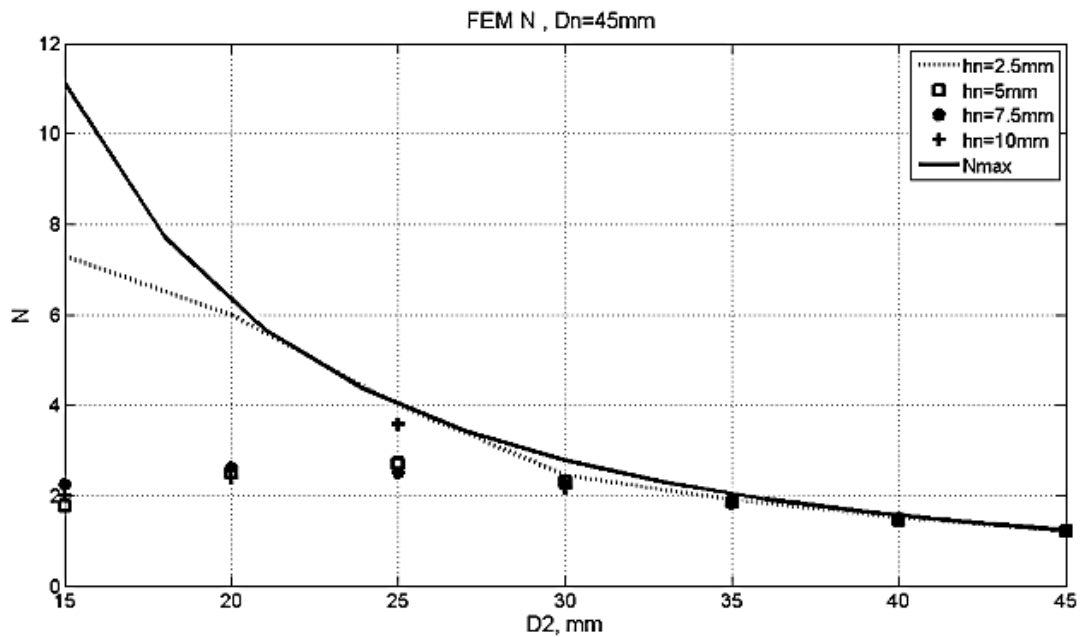


Рис.3.10 Результати моделювання методом кінцевих елементів коефіцієнта трансформації для різних розмірів грибоподібного закінчення.

В результаті дослідження можемо зробити висновок:

За допомогою грибоподібного закінчення можна збільшити робочу поверхню стрижневих ультразвукових трансформаторів. Коливання, що виникають на грибоподібному закінченні, істотно відображаються на резонансній частоті, значення якої залежить від порядку вигинистих коливань. Коефіцієнт трансмісії, через істотне збільшення поверхні, може досягти значення 4. Довжина тонкої частини трансформатора повинна підбиратися після обраного геометричного розміру та розрахованого коефіцієнта трансмісії. Якщо коефіцієнт трансформації більше 4, то розрахункова модель має значну похибку, тому що не враховує згинальні коливання в грибоподібному закінченні. [15]

3.4. Висновки по розділу 3

У даному розділі був проведений розрахунок для віброприводу лінійних переміщень півхвильового ультразвукового диспергатора. Проведено розрахунок математичної моделі ультразвукового ступінчастого трансформатора.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНИА ЧАСТИНА

На сьогоднішній день велика увага приділяється інтенсифікації та підвищенню ефективності виробництва на базі упровадження досягнень науково-технічного прогресу. Провідна роль у вирішенні даної проблеми відводиться машинобудуванню. Перед цією галуззю поставлені завдання підвищення якості продукції та продуктивності праці, зниження питомої металоємкості машин та обладнання. Саме тому технологічний процес виготовлення деталей має бути таким, щоб з найменшими витратами ресурсів забезпечити встановлений конструктором рівень якості.

У пояснювальній записці описані порядок і всі етапи розробки технологічного процесу виготовлення деталі «Випромінювач»: технологічний контроль якості кресленика, вибір способу виготовлення заготовки та його технічне обґрунтування, призначення послідовності виконання операцій та проектування їх змісту, вибір устаткування та інструментів для кожної операції технологічного процесу та визначення елементів режимів різання аналоговим способом.

4.1. Технологічний контроль якості кресленика.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вихідним документом є її креслення. Технолог повинен проконтролювати робоче креслення деталі, у відповідності до ГОСТ 14.206-73. У креслення входять відомості, необхідні для якісного виготовлення деталі, які дають повне уявлення про її конструкцію, а також усі проекції, розрізи, перерізи, які пояснюють конфігурацію деталі.

Проаналізувавши креслення(рис.7.1) можна сказати, що на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі. Невказана шорсткість та шорсткість усіх поверхонь деталі позначена відповідно до ГОСТ 2789-73.

Допуски та відхилення розмірів наведено відповідно до ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82.

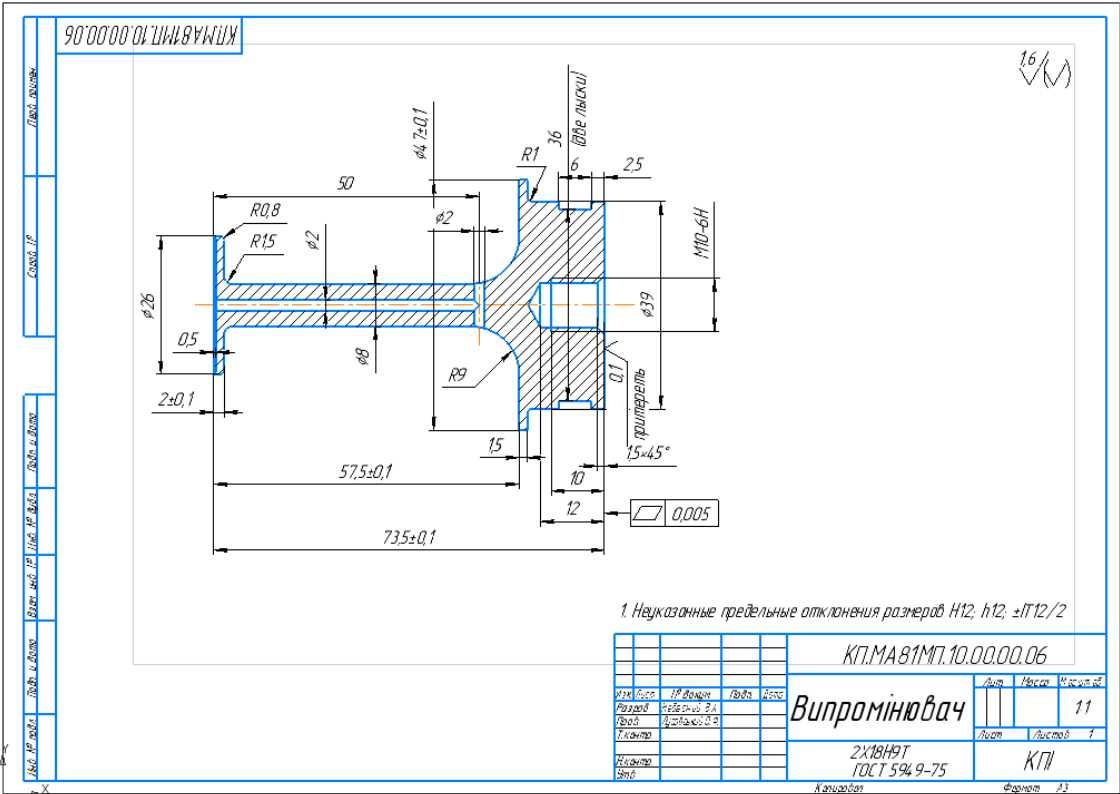


Рис. 4.1. Креслення деталі «Випромінювач»

4.2. Аналіз конструкції.

Деталь «Випромінювач» є складовою ультразвукового кавітаційного приладу для знезараження рідини, встановлюється в кришку ємності між двома фторопластовими ущільненнями, на верхній сатині випромінювача фіксується два п'єзокільця та демпфер за допомогою різьбового з'єднання.

Дана деталь має досить просту зовнішню форму. Її можна віднести до класу спеціальних деталей. Деталь є тілом обертання і має циліндричну форму. Габаритні розміри деталі – $\phi 47 \times 73,5$. Невказані граничні відхилення виконані за ГОСТ1 00022-81. Деталь і її конструктивно-технологічні елементи зображено на рис. 4.1.

Випромінювач виготовляється з нержавіючої сталі 2Х18Н9Т ГОСТ 5949-75 на хімічний склад і властивості поширюється ГОСТ 535-2005. Спосіб виготовлення заготовки – прокат стальний гарячекатаний круглий за ГОСТ 2591-88.

4.3. Аналіз технологічності деталі

Аналіз технологічності по якісним показникам:

Дана деталь відноситься до деталей класу «тіла обертання», має конфігурацію середньої важкості. Поверхні $\varnothing 50h14$ та $\varnothing 39h14$ забезпечують надійне базування та закріплення при обробці на верстатах. В якості заготовки можна використати прокат стальний гарячекатаний круглий із нержавіючої сталі 2Х18Н9Т, яка добре обробляється на металорізальних верстатах. Всі поверхні деталі доступні для обробки на металорізальних верстатах і виміру. Всі розміри деталі, в основному, уніфіковані і не потребують великої кількості ріжучого інструменту. При обробці можуть бути використані типові техпроцеси.

По якісним показникам виріб технологічний.

4.4. Вибір заготовки.

Для даної деталі пропоную використати заготовку – використати прокат стальний гарячекатаний круглий (ГОСТ 2590-88).

По довжині труби виготовляють:

немірної довжини – в межах 4 – 12м;

мірної довжини – в межах немірної;

довжини, кратній мірній – в межах немірної довжини з припуском на кожний різ по 5 мм. Точність гарячекатаного прокату відповідає 12-14-му квалітету.

Позначення заготовки:

Круг 50-В ГОСТ 2590-88

12X18Н9 - 6 ГОСТ 5949-75

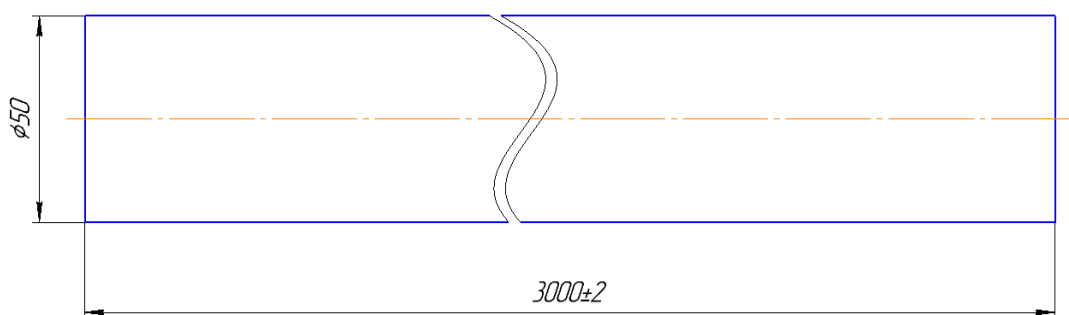


Рис.4.2 Ескіз заготовки

4.5. Технологічні операції.

Розробку технологічного процесу виготовлення деталі починають з вибору заготовки. Вибрати заготовку – означає визначити спосіб її отримання, розрахувати або підібрати за таблицями припуски на механічну обробку усіх

001.Заготівельна операція

Обираю спосіб різання приводними ножівками. Яким можна проводити різання круглого і профільного прокату діаметром до 300 мм. Ширина різання 1-3,5 мм., точність різання $\pm 2\text{мм}$ до $\pm 4,5\text{мм}$

Розрахунок припусків на механічну обробку наведено в таблиці 4.1 [12].

Таблица 4.1.

	Rz,	h,	Δ ,	Σ ,
	мкм	мкм	мкм	мкм

Якість поверхні прокату	Звичайна	160	250	250	660
Точність і якість прокату після різання	Різання приводними ножівками	200			200

Обираю із сортаменту круглий пруток Ø50х90мм (рис 4.3).

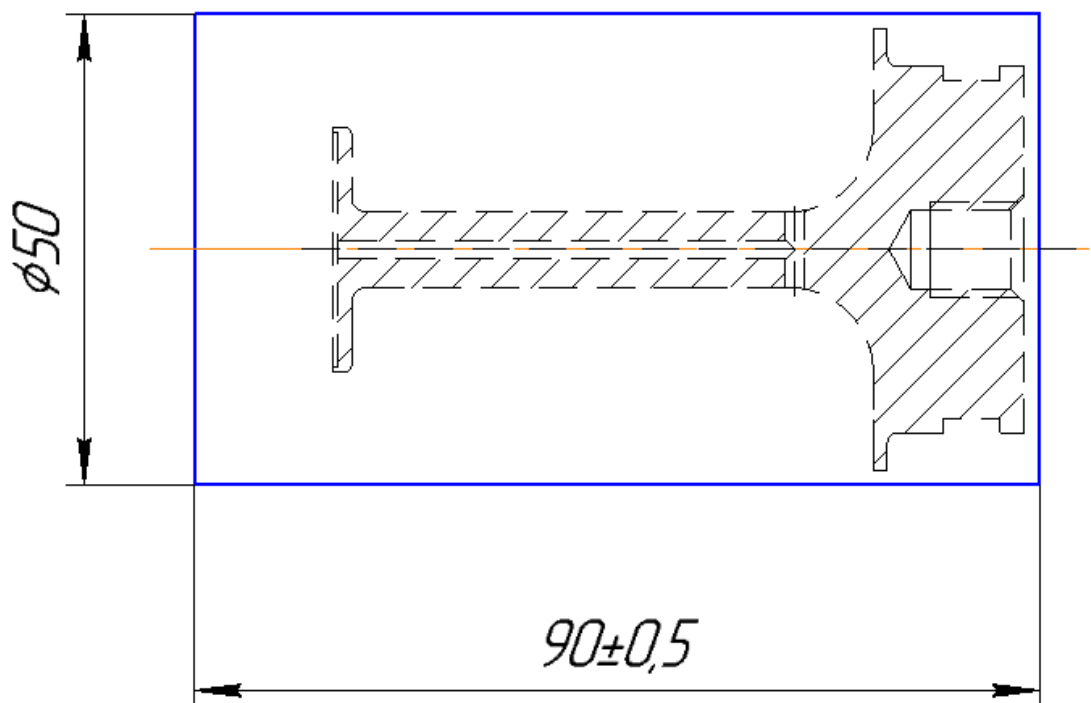


Рис.4.3 Заготовка випромінювача.

005. Токарна операція.

Обробляються торцеві зовнішні поверхні заготовки, формування бази для наступних операцій, свердлиться отвір та нарізається різьба. Обробка відбувається на токарному верстаті 16K20. Інструменти - Різець прохідний відігнутий, різець прохідний прямий, свердло, мечик. Торцева поверхня є

відповідальною, тому для неї необхідно забезпечити площинність 0,005мм та шорсткість 0,1мкм.

А. Встановити, закріпити, зняти

005.1. Токарна чорнова та чистова обробка зовнішньої поверхні, витримуючи розміри 1, 2, 3, 5 та 6.

005.2. Свердлити отвір першим та другим свердлом, витримуючи розміри 7, 9 та 10.

005.3. Нарізати різьбу в отворі витримуючи розміри 4 та 8.

005.4. Відрізати виріб, витримуючи розмір 11.

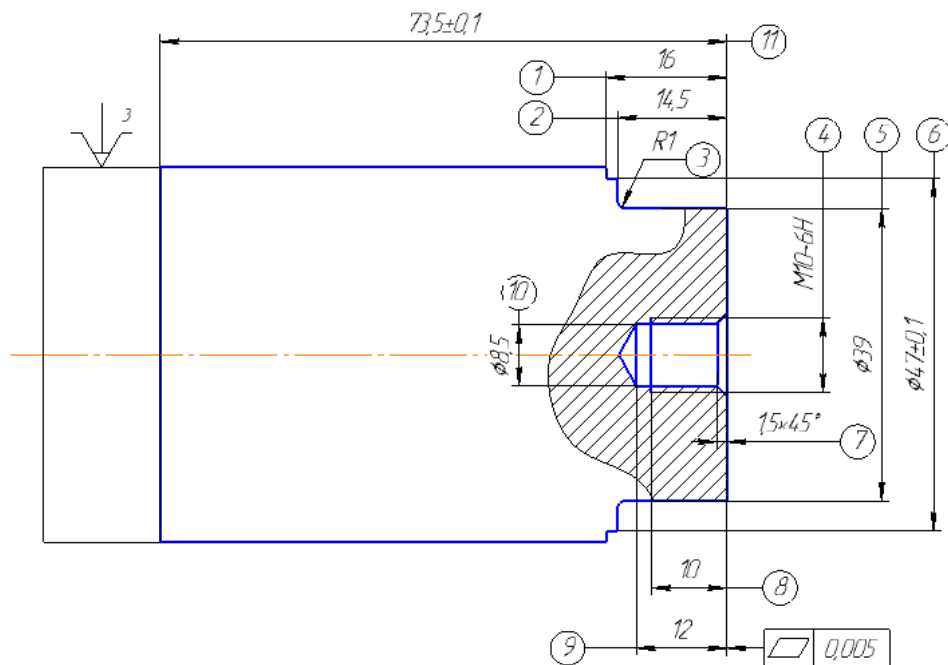


Рис.4.4 Операція 005.

010. Фрезерна операція.

Обробляється циліндрична зовнішня поверхня деталі – формування лисок. Обробка відбувається на вертикально-фрезерному верстаті 6R12. Інструмент – фреза кінцева. Оброблена поверхня не є відповідальною, тому достатньо забезпечити 12 квалітет. Встановити, закріпити, зняти.

010.1. Фрезерування лиски, витримуючи розміри 1... 3. (рис. 4.5.)

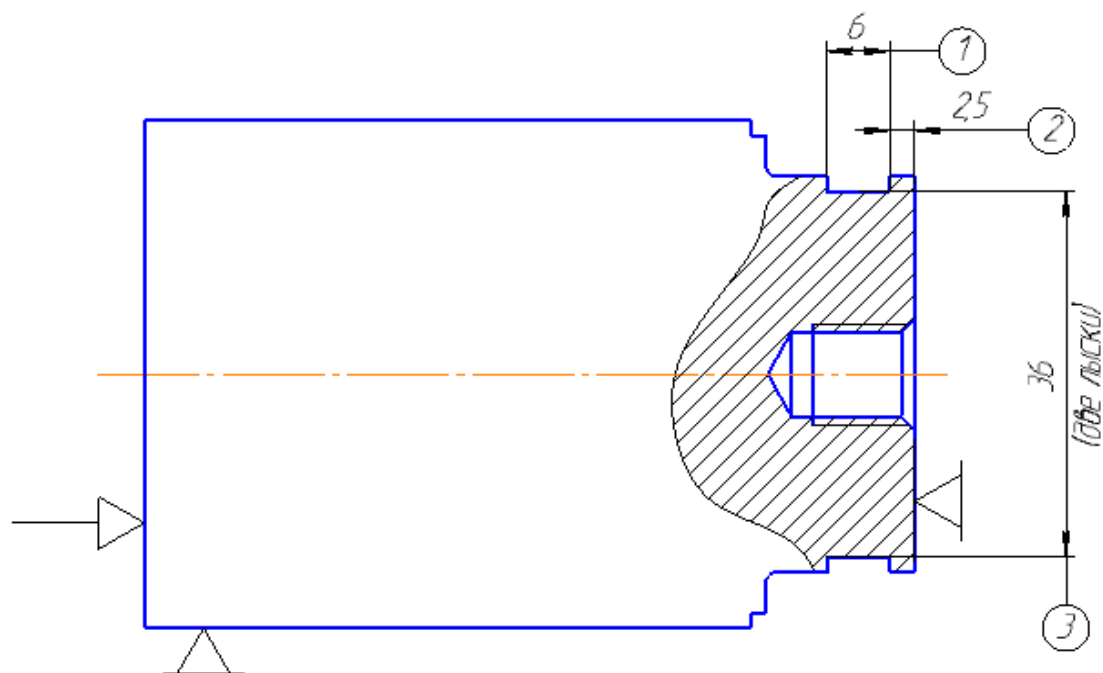


Рис.4.5 Операція 010.

015. Токарна операція.

Обробляються зовнішні поверхні деталі, свердлиться отвір.

А. Встановити, закріпити зняти.

015.01.Токарна чорнова та чистова обробка зовнішньої поверхні, витримуючи розміри 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 та 11.

015.02. Свердлити отвір, витримуючи розміри 1 та 10.

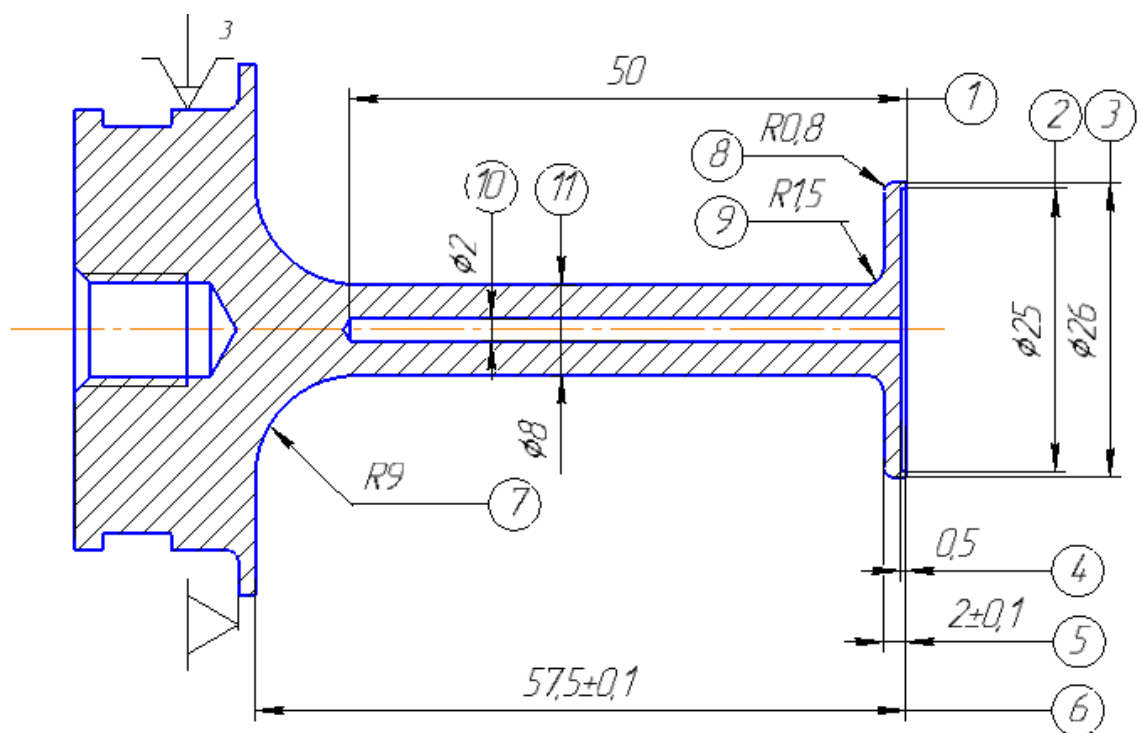


Рис.4.6 Операція 015.

020. Свердлильна операція.

Під час операції відбувається свердління отвору $d=2\text{мм}$, для потоку рідини. Операція відбувається на вертикально-свердлильному станку 2Н135. Інструмент – свердло циліндричне.

А. Встановити, закріпити зняти.

020.01. Свердлити отвір, витримуючи розміри 1 та 2. (рис.4.7).

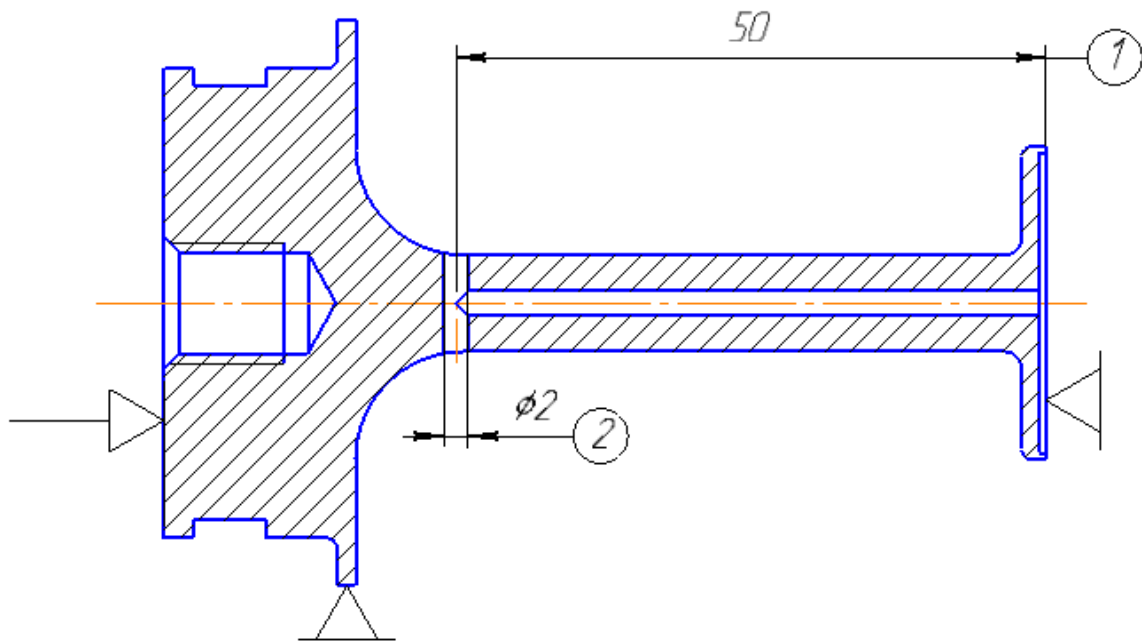


Рис.4.7 Операція 020.

025.Слюсарна.

Виконується робота на верстаті слюсарному. Інструмент – напилек.

А. Встановити, закріпити зняти.

025.01.Видалення заусенців після фрезерування й притуплення гострих кромek.

030. Мийка

030.1. Промивка деталей в содовому розчині;

030.2.Сушка деталей стисненим повітрям.

035. Контроль ВТК

035.1 Перевірка розмірів, виконання технічних вимог й шорсткості оброблених поверхонь відповідно до норм контролю.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

У даному розділі проводиться маркетинговий аналіз стартап-проекту для визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження. [18]

5.1. Опис ідеї проекту

У табл. 5.1 надано інформацію про зміст ідеї, можливі напрямки застосування, основні вигоди, що може отримати користувач товару.

Таблиця 5.1

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст Ідеї	Напрямок застосування	Вигода для користувача
Розробка мобільного пристрою для знезараження води, за допомогою ультразвукових коливань.	1. Пристрій індивідуального використання. 2. Використання в польових умовах(туризм, воєнне призначення і т.д.)	Компактність, мала вага Мала енерговитрата, відсутня необхідність у додаткових реагентах, надійність та простота у використанні.

У таблиці 5.2 зроблено аналіз техніко – економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів.

Таблиця 5.2

Визначення характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характерист ики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W слабк а сторо на	N нейтр альна сторо на	S сильн а сторо на
		Мій про ект	Осмо с	Ульт рафіо лет	Хлор уванн я			
1.	Ефективніс ть зnezаражен ня	98%	99%	99%	90%			+
2.	Мобільніст ь	Так	Ні	Ні	Так			+
3.	Необхідніст ь у електропост ачанні	Так	Так	Так	Ні	+		
4.	Фактор безпеки	Так	Так	Так	Ні		+	
5.	Наявність витратних матеріалів	Ні	Так	Ні	Так			+

Аналіз слабких, нейтральних та сильних сторін техніко-економічних характеристик ідеї дозволяє зробити висновок, що дана ідея може бути конкурентоспроможною. Для даного продукту чітко прослідковується сегмент ринку, який зацікавлений саме в такій реалізації даної ідеї. [18]

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Оскільки ідея проекту полягає в створенні модуля накопичення пневматичної енергії, то аудит може мати такі варіанти рішення:

- універсальність конструкції за рахунок використання покупних комплектуючих. Деталі, що виготовленні методом точіння мають просте виконання, з доступних матеріалів.(Ємність, п'єзоелементи, генератор)
- Виготовлення пристрою по індивідуальним кресленням

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

В даному пункті необхідно визначити ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів – конкурентів [18]

5.3.1. Аналіз попиту

На початку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	0
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1 млн. дол.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Сертифікація
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимога забезпечення 99%

		очищення питної води
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20%

З таблиці 5.3 видно, що за попереднім оцінюванням ринок є привабливим для входження.

5.3.2. Визначення потенційної групи клієнтів

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.4)

Таблиця 5.4

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Необхідність у очищенні води для вживання в польових умовах	- Військове призначення - Туризм - Промислове призначення	1. Пріоритет в надійності 2. Пріоритет в компактності 3. Пріоритет в ефективності	- Компактність - Простота у використанні - Надійність - Ремонтпридатність

5.3.3. Аналіз ринкового середовища

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають

(табл. 5.5 – 5.6). Фактори в таблицях подані в порядку зменшення значущості [18]

Таблиця 5.5.

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Вартність	Вартість виготовлення вища у порівнянні з іншими модулями накопичення енергії	Відмова від становлення
2	Строк служби	Строк служби має бути більшим ніж строк окупності системи	Відмова від подальшої співпраці.

Таблиця 5.6.

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Підвищення ефективності знезараження	Скорочуються витрати на корегування та настройку системи	Перехід на систему даного типу для всіх етапів виробництва, де необхідно менше часу на знезараження
2	Зменшення витрат на систему	Зменшення собівартості продукту, що випускається	Зниження вартості вихідного продукту

5.3.4. Аналіз пропозиції

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.7).

Таблиця 5.7.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	- монополія	У разі монополістичної конкуренції легко заснувати нову фірму або залишити ринок. Нові продавці часто відчують труднощі з новими для покупців торговельними марками і послугами.
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	- національний	Національна конкуренція сприяє вливанню капіталів і товарів державою та інвесторами, створює конкурентну боротьбу

3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	- міжгалузева	Вигідне вкладання капіталу і привласнення більшого прибутку
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	-товарно-родова	Конкуренція між різними видами товарів, які можуть виконувати подібні функції.
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	-нецінова	Надходження на ринок продукції більш високої якості, що утруднює відповідні заходи з боку конкурента.
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	- марочна	ситуація на ринку, де компанія розглядає як своїх конкурентів компанії, що пропонують подібний продукт тим же цільовим покупцям

5.3.5. Детальний аналіз конкуренції в галузі

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (табл. 5.8) [18].

Таблиця 5.8.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	На даний момент конкурентів немає, так як розробка доволі нова і не має аналогів на ринку України.	Необхідний науковий потенціал.	Існує чітка залежність від постачальників як якості продукції, так і можливих обсягів виробництва	Споживачі мають можливість вносити свої вимоги	На ринку можуть з'являтися альтернативні методи знезараження води.

Висновки: має місце інтенсивна конкурентна боротьба з боку прямих конкурентів, є можливість виходу на ринок, товари замінники на даний час відсутні.

5.3.6. Аналіз факторів конкурентоспроможності

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 5.3.5 (табл. 5.8), а також із урахуванням характеристик проекту (табл. 5.2), факторів маркетингового середовища (табл. 5.5-5.6) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 5.9.

Таблиця 5.9.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Мобільний пристрій для зnezараження рідини	В умовах монополістичної конкуренції, коли фактор диференціації ТМ є ключовим засобом ведення конкурентної боротьби, важливим є створення та підтримання унікального продукту.
2	Ціна	Оскільки такий метод зnezараження рідини ефективний, а конструкція пристрою проста та надійна, то окупність є одним з засобів ведення конкурентної боротьби.
3	Репутація виробника	За рахунок того, що в світі популяризація концепції екологічно чистого виробництва, а також введення відповідних стандартів робить величезний вплив на розвиток різних сегментів промисловості, споживач при виборі ТМ керується також впливом технології на світову екологію. позитивне сприйняття новинок
4	Маркетинговий бюджет	Від розміру маркетингового бюджету залежить здатність здійснювати маркетингову стратегію підприємства. Маркетингові заходи мають забезпечувати інші конкурентні переваги такі, як рівень

		диференціації, лояльності, репутація виробника, дистрибуція та просування.
--	--	--

5.3.7. Складання SWOT-аналізу

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 5.10).

Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [18].

Таблиця 5.10.

SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Ефективний метод знезараження 2. Надійність 3. Компактність 4. Простота у використанні	Слабкі сторони: 1. Слабке самозабезпечення фінансовими ресурсами; 2. Відсутність чітко вираженої маркетингової стратегії, непослідовність в її реалізації; 3. Вища вартість запровадження. 4. Мала продуктивність знезараження
Можливості:	Загрози:

1. Можливість збільшення обсягів реалізації системи.	1. Загроза появи більш кращих аналогів від прямих конкурентів на ринку.
2. Можливість збільшення обсягів продаж за рахунок впровадження ще більш ресурсоекономних.	2. Загроза підвищення цін на продукт унаслідок підвищення цін на сировину та її дефіциту.
	3. Загроза переходу виробничого персоналу до конкурентів.

5.3.8. Альтернативи ринкової поведінки

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 5.9, аналіз потенційних конкурентів).

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 5.11).

Таблиця 5.11.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Використання засобів стимулювання збуту на технологічних виставках та конференція для	Дозволяє суттєво збільшити обсяги продаж. Потребує маркетингових витрат,	0,5 року

	збільшення продаж товару (більш глибоке проникнення на ринок)	спланованих та координованих дій	
2	Реклама стартапу-проекту у соц.мережах	Можливість залучення споживачів широкого спектру	0,5 року
3	Впровадження індивідуального підходу до кожного замовника (розвиток товару)	Можливість залучення нових споживачів. Потребує значних капіталовкладень виведення на ринок	1 рік

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

5.4.1. Стратегія охоплення ринку

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 5.12).

Таблиця 5.12.

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
-------	--	---	---	--------------------------------------	--------------------------

1	Воєнне призначення	+	Високий	Середній	Низька
2	Промислове призначення	-	Середній	Середній	Середній
3	Туризм, експедиції	+	Високий	Середній	Середній
Які цільові групи обрано: обрані всі три цільові групи потенційних споживачів.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) визначена стратегія охоплення ринку: компанія працює із всім ринком, пропонуючи стандартизовану програму (включно із характеристиками товару/послуги). Це означає, що маркетингова стратегія націлена на диференціацію продукту в своїй сфері [18].

5.4.2. Базова стратегія розвитку

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 5.13).

Таблиця 5.13.

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/ п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспро- можні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Розвиток ринку	Масовий маркетинг	Низькі витрати створюють бар'єр входу для нових конкурентів і одночасно хороший захист проти товарів- замінників	Стратегія лідерства по витратах
2	Розвиток товару	Диференційо- вани й маркетинг	Відмітні властивості товару і завойована прихильність клієнтів захищають фірму і від товарів- замінників	Стратегія диференціації
3	Більш глибоке проникнення на ринок	Концентрова- ний маркетинг	Задоволення потреб вибраного цільового	Стратегія спеціалізації

			сегменту краще, ніж конкуренти	
--	--	--	--------------------------------------	--

На основі таблиці 5.12 обрана базова стратегія розвитку - стратегія диференціації.

5.4.3. Стратегія конкурентної поведінки

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.14).

Таблиця 5.14.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Так	Так	Ні	Стратегія лідера
2	Ні	Так	Ні	Стратегія виклику лідера

3	Ні	Ні	Так	Стратегія наслідування лідеру
4	Так	Ні	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

На основі таблиці 5.13 стратегія конкурентної поведінки - стратегія лідера.

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап – проекту

5.5.1. Формування маркетингової концепції товару

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 5.15 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.15.

Визначення ключових переваг концепції

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
	Робота системи у	Ефективність знезараження	Простота використання та конструкції

1	польових умовах		
2	Зменшення витрат на пристрій	Зниження собівартості готової продукції	Невелика вартість системи

5.5.2. Визначення цінових меж

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги

або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.16) [34]. Аналіз проводиться експертним методом [18].

Таблиця 5.16.

Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
200-1000 дол.	1,5 тис. дол.	200 тис. дол/рік	600-800 дол.

5.5.3. Визначення оптимальної системи збуту

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 5.17):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 5.17.

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Характерно для наукомістких галузей зі специфічним і (або) дорогим товаром, який може бути придбаний обмеженим числом споживачів, які потребують специфічних компонентів для свого специфічного фінального продукту	Просування на ринок подібних продуктів в рамках даної системи збуту не вимагає будь-якої широкої реклами. Швидше потрібно одного разу з'ясувати, хто з потенційних покупців інновацій може в них потребу і яка поточна платоспроможність даного клієнта.	Канал нульового рівня	Канал складається з виробника, який продає свій товар безпосередньо споживачам (через відділ збуту, збутові філії, мережу фірмових магазинів, поштову торгівлю тощо)

	(машинобудування з виробництвом за індивідуальними замовленнями або дрібними серіями).			
--	--	--	--	--

5.5.4. Концепція маркетингових комунікацій

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 5.18).

Таблиця 5.18.

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Наукомісткі і галузі зі специфічними і (або) дорогим товаром, який може бути	Включають в себе пряму поштову розсилку, замовлення по друкованим каталогам і	Конкурентне позиціонування, яке базується на демонстрації переваг товарів підприємства	Отримати можливість у кількох разів збільшити обсяг продажу своїх товарів	Головними елементами структури реклами є тема реклами і девіз

	придбаний обмеженим числом споживачів	продаж в режимі он- лайн.	над товарами конкурентів.		рекламної кампанії.
--	--	---------------------------------	------------------------------	--	------------------------

5.6. Висновки по розділу

Провівши аналіз та розглянувши можливості ринкової комерціалізації проекту, можна відмітити, що технічна реалізація представляється можливою. Були оцінені ризики входження продукту пристрою для знезараження рідини на ринок та оцінені його слабкі та сильні сторони товару.

Проаналізувавши ринок схожої продукції можна зробити висновок, що продукт є перспективним у реалізації, так як такий ринок має певні проміжки.

Для інтенсивного захоплення замовників була обрана стратегія диференціації.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема мого дипломного проекту – «Мобільний пристрій для знезараження рідини. Дана робота проводиться за персональним комп'ютером. Основними несприятливими чинниками є:

- пожежонебезпека;
- небезпека ураженням електричним струмом;
- зорове навантаження;

6.1. Санітарно-гігієнічна характеристика приміщення комплабораторії

Розміри приміщення, в яких встановлений комп'ютер та інша техніка: площа 30 кв.м. (рис. 6.1), а об'єм $V=S \cdot h=30 \cdot 2,7=81 \text{ м}^3$. У цьому приміщенні передбачено відповідні параметри температури, чистота повітря але не забезпечена ізоляція від виробничих шумів так як приміщення розташоване в житловому будинку.

По санітарних нормах площа на одне робоче місце з ПК для дорослих користувачів повинна складати не менше 6.0 м², а об'єм – не менше 20 м³. Отже, габаритні розміри приміщення повністю відповідають санітарним нормам.

Для облицювання стін, стель, підлоги приміщень, де розміщені ПК, слід використовувати матеріали, дозволені органами санітарно-епідеміологічного нагляду, а для внутрішньої обробки інтер'єру – матеріали, що дифузно-відбиваються, з такими коефіцієнтами віддзеркалення: для стелі – 0.7-0.8; для стін – 0.5-0.6; для підлоги – 0.3-0.5. Поверхня підлоги в приміщеннях експлуатації моніторів і ПК повинна бути рівною, без вибоїн, неслизькою, зручною для прибирання, володіти антистатичними властивостями. Вологе прибирання необхідно проводити щодня.

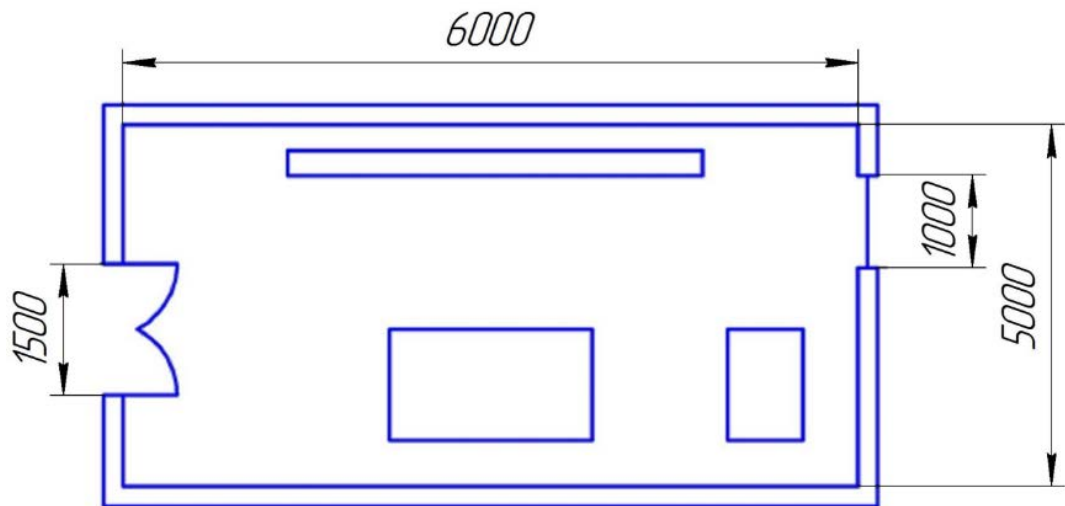


Рис. 6.1. План приміщення комп'ютерної лабораторії

6.2. Вимоги до мікроклімату під час роботи в лабораторії

В даному приміщенні робота з монітором і ПК є основною, тому воно забезпечується оптимальними параметрами мікроклімату.

Для створення необхідних параметрів мікроклімату у приміщенні застосовується система вентиляції та проводиться провітрювання приміщення двічі в день, з ранку і ввечері.

Вентиляція приміщення досягається видаленням з них нагрітого або забрудненого повітря і подачею чистого зовнішнього повітря.

Основні параметри мікроклімату (таблиця 6.1) (температура повітря, вологість і швидкість руху повітря на робочому місці) повинні відповідати вимогам. Крім того, необхідно забезпечити необхідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони. Результати досліджень показали, що позитивні іони у великій кількості негативно впливають на розумову і фізичну працездатність (з'являється стомлюваність), на діяльність

серцево-судинної системи і системи кровотворення, а негативні іони сприятливо впливають на здоров'ї людини.

Необхідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони забезпечують:

- генератори негативних іонів;
- установки штучного зволоження;
- кондиціонери;
- загально-обмінна проточно-витяжна вентиляція.

В даному приміщенні встановлено установку штучного зволоження, термометр та загально-обмінна проточно-витяжна вентиляція.

Таблиця 6.1.

Основні параметри мікроклімату

Період року	Температура, °C			Відносна вологість, %	
	Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Дійсна
		Верхня межа	Нижня межа		
Теплий	23-28	28	25	40-60	46
Холодний	21-24	23	21	40-60	57

Середня температура приміщення в теплий період року дорівнює 23 °C, відносна вологість повітря 46%.

У холодний період року, середня температура складає 23 °C. Значення відносної вологості дорівнює 57%.

Всі параметри мікроклімату приміщення в теплий та холодний період року знаходяться в діапазоні оптимальних значень, тому можна зробити висновок, що мікроклімат приміщення є сприятливим для праці.

6.3. Вимоги до освітлення під час роботи в лабораторії

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, ослаблю увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрям світла на робочому місці може створювати різні тіні, відблиски, дезорієнтувати що працює. Всі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунок освітлення, визначення необхідного числа світильників, їх типу і розміщення.

Штучне освітлення в приміщеннях для експлуатації ПК повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У випадках переважної роботи з документами, слід застосовувати системи комбінованого освітлення (до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів).

Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документа повинна бути 300-500 лк. Освітлення не повинне створювати відблисків на поверхні екрану. Освітленість поверхні екрану не повинна бути більше 300 лк.

Як джерела світла при штучному освітленні слід застосовувати переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ і компактні люмінесцентні лампи. У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання, зокрема галогенних.

В приміщенні застосовується штучне освітлення комбіноване(місцеве і загальне) і природне освітлення бокове. Штучне освітлення виконується за

допомогою електричних джерел світла - ламп розжарювання. Виходячи з цього, проведемо розрахунки освітленості нашого приміщення.

Розрахунок освітлення проводиться для кімнати площею 30м², ширина якої 5м, висота – 2.7 м. Скористаємося методом світлового потоку .

Визначимо світловий потік в приміщенні і порівняємо його з допустимим, за формулою:

$$E_{\text{еф}} = \frac{F_{\text{л}} N n \eta}{S \cdot k_z \cdot z} \quad (6.1)$$

де $E_{\text{еф}}$ - розраховується світловий потік, Лк; E - нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається за таблицею). Роботу програміста, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде $E = 300\text{лк}$;

S - площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 30\text{м}^2$);

z - відношення середньої освітленості до мінімальної (звичайно приймається рівним 1,1 ... 1,2, нехай $Z = 1,1$);

k_z - коефіцієнт запасу, враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення й характеру проведених у ньому робіт і в нашому випадку $K = 1,5$);

N - кількість світильників;

n - кількість ламп у світильнику.

η - коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі, які характеризуються коефіцієнтами відображення від стін (P_c) і стелі ($P_{\text{п}}$)), Стеля приміщення свіжопобілена $\rho_{\text{сл}} = 70\%$, стіни мають світлосірий колір $P_{\text{сн}} = 50\%$, підлога з паркету $\rho_{\text{п}} = 30\%$.. Значення η визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{30}{2.7 \cdot (5+6)} = 1,0101 \quad (6.2)$$

де

S - площа приміщення, $S = 30\text{м}^2$;

h - розрахункова висота підвісу, $h = 2.7$ м;

A - ширина приміщення, $A = 5$ м;

B - довжина приміщення, $B = 6$ м.

Підставивши значення отримаємо:

Знаючи індекс приміщення I , за таблицею знаходимо $\eta = 0,4$.

Для освітлення використовується люмінесцентні лампи типу Т8 (2.54см), світловий потік яких $F = 3400\text{Лк}$.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку E_{ef} :

$$E_{ef} = \frac{3400 \cdot 3 \cdot 0,4}{30 \cdot 1,5 \cdot 1} = 272\text{лк} \quad (6.3)$$

Отже, можна зробити висновки, що освітленість приміщення не достатня, саме тому використовується, ще місцеве освітлення, а от освітленість екрану задовольняє нормам.

6.4. Електробезпека

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої уваги.

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного

впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

В приміщення одночасно експлуатується і обслуговується 2 персональних ЕОМ, у доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач та електричний щит з запобіжником, що може повністю виключити електричний струм приміщення, крім освітлення. Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтраллю, а розетки лабораторії виконані з захисним зануленням.

Крім того, кожен ПК в приміщенні на випадок перенавантаження електричної мережі, підключений в розетку з окремим запобіжником виключення.

Для підключення іншої переносної електроапаратури використовуються гнучкі проводи в надійній ізоляції, також з додатковим запобіжником вимикання, також електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у приладів і меблів.

Приміщення відповідає усім нормам електробезпеки за ПУЕ 2012 та є придатним та безпечним для роботи.

6.5. Пожежна безпека

Приміщення, в яких встановлені ПК та інша техніка, по пожежній небезпеці відносяться до категорії В, і повинні задовольняти вимогам по запобіганню і гасінню пожежі по, з обов'язковою наявністю телефонного зв'язку і пожежної сигналізації.

Меблі в приміщенні комп'ютерної лабораторії із МДФ, дверні та віконні переплети із металопластика, корпуси ЕОМ і приладів із металу та полімерних матеріалів. По вибуху і пожежо-небезпечності приміщення відноситься до категорії В

На основі СНіП II-2-80 будівля відповідає II степені вогнестійкості, що потребує від будівельників конструкції норм вогнестійкості (часу опору вогню):

- несучі стіни, стіни сходових кліток і колони - 2 год.
- сходові клітки, сходи, балки і марші у сходових клітках - 1 год.
- зовнішні стіни навісних панелей - 0.25 год.
- внутрішні і зовнішні стіни (перегородки) - 0.25 год.
- плити і настили конструкцій міжповерхових перекриттів – 0.75 год.
- плити, настили та інші несучі конструкції - 0.25 год.

Приміщення відноситься до категорії В. В приміщенні повинно знаходитись 3 вуглекислотні вогнегасники.

Необхідний час евакуації складає - 3 хвилин. Евакуацію необхідно здійснювати швидко, чітко та без паніки.

6.6. Надзвичайні ситуації.

До видів небезпеки, що можуть статися на виробництві, належать:

- пожежа;
- вибух (усередині обладнання, будівлях або навколишньому середовищі);
- розрив або зруйнування обладнання; викид шкідливих речовин;
- сполучення перелічених видів небезпеки.

З метою запобігання виникненню та ліквідації надзвичайних (аварійних) ситуацій на території учбового закладу має бути план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій у відповідності до положення. Під час аналізу небезпеки учбового закладу потрібно визначити всі можливі аварійні ситуації і аварії, в тому числі й мало ймовірні, з катастрофічними наслідками, які можуть виникати на території учбового закладу, розглянути сценарії їхнього розвитку і оцінити наслідки.

Виявлення можливостей і умов виникнення аварій має виконуватись на основі аналізу особливостей роботи як окремого обладнання (апаратів, машин тощо), так і їх групи (технологічних блоків), а також з урахуванням небезпечних властивостей речовин і матеріалів (вибухопожежонебезпечних та шкідливих), що використовуються у лабораторіях учбового закладу. При цьому слід враховувати параметри стану речовин (температура, тиск, агрегатний стан тощо) і стан обладнання, які відповідають як нормальному технологічному режиму, так і режимам, які можливі при настанні й розвитку аварії.

Вихідні дані:

Розрахунок прогнозування та оцінювання інженерної та пожежної обстановки під час аварії на вибухонебезпечних об'єктах

Вихідні дані:

Відстань до міста аварії (вибуху) – 750 м

Маса пропану – 250 т

Характеристики елементів учбового корпусу:

будівля – зі збірного залізо бетону

кабельні лінії – наземні

контрольно-вимірвальна апаратура – наявна

границі вогнетривкості несучих стін – 3 год

границі вогнетривкості перегородок – 0,28 год

Категорія приміщення з пожежної безпеки – В

Щільність забудови об'єкту – 25%

Розрахункова частина:

Зона I: $r_1 = 120$ м;

Зона II: $r_2 = 205$ м;

Висновок: об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона III).

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L}{Q^3} - 1}} = 28,21 \text{ кПа} \quad (6.4)$$

Ступінь руйнування будівлі – середня

Характеристика руйнувань будівлі:

Руйнування даху, легких внутрішніх перегородок, в капітальних стінах з'являються тріщини.

Характеристика руйнувань учбового обладнання:

Пошкодження окремих елементів обладнання, важелів управління, вимірювальних приладів

Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури – сильні

Ступінь руйнування кабельних ліній – слабкі

Ступінь ураження людей – від прямої дії - слабкі

Характеристика уражень людей:

Ступінь вогнестійкості – III ступінь вогнестійкості

Очікувана пожежна обстановка – для комп'ютерної лабораторії категорії пожежної небезпеки В, ступеня вогнестійкості будівель – III, при надмірному тиску 28 кПа і щільності забудови більше 25% можна очікувати в перші 30 хвилин окремі пожежі з переростанням за 1...2 год в суцільну.

Безпечна кількість вибухової речовини - менше 50 т

Визначаємо безпечну кількість пропану для уникнення будь-яких руйнувань, тобто контрольно-вимірювальна апаратура вціліє, якщо кількість пропану буде менше 15 т

Зони вибуху зображені на рисунку 6.2.

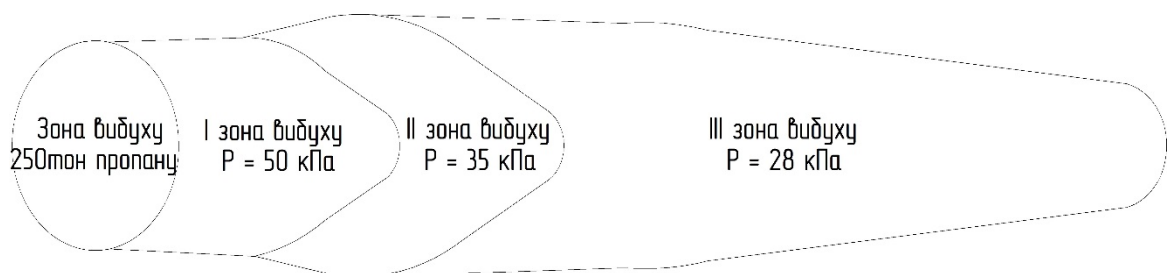


Рисунок 6.2 - Зони вибуху

Висновки: На відстані 750 м від учбового корпусу стався вибух пропану, що призвело до руйнувань будівлі, елементів цеху, постраждали люди.

Серед рекомендацій, спрямованих на зменшення заподіяної шкоди та уражень людей, можуть бути такі:

- укріпити будівлю установленням додаткових колон, ферм, підкосів;
- кабельні лінії прокласти під землею;
- створити 50% запас контрольно-вимірювальної апаратури;
- установити на вікнах захисні металеві сітки, щоб розбите скло не потрапляло в приміщення ;
- установити і регулярно контролювати стан вогнегасників та інших протипожежних систем;

6.7. Схема евакуації з приміщення учбового корпусу

У випадку будь-якої небезпеки створено 2 еваковиходи з приміщення, схема евакуації при надзвичайній ситуації зображена на рисунку 6.3.

При цьому відстань від робочого місця до дверей $A=1,5$ м, відстань від робочого кабінету до еваковиходу №1 $B=24,5$ м, до еваковиходу №2 $B= 2$ м.

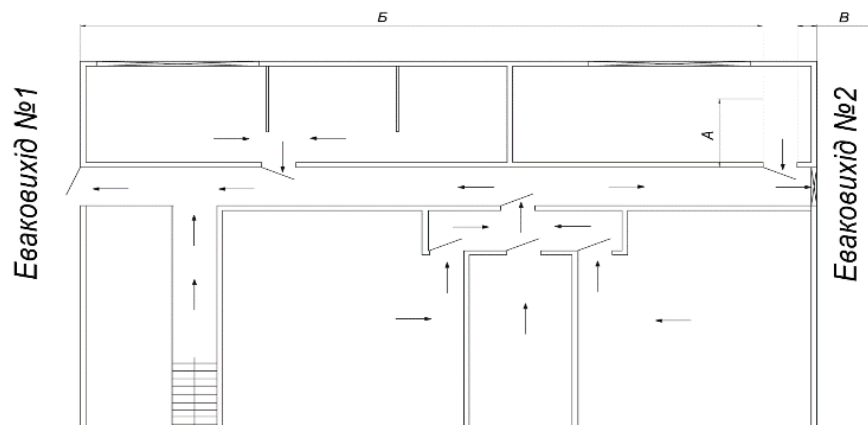


Рисунок 6.3 - Схема евакуації з приміщення учбового корпусу

Схема евакуації під час пожежі чи інших випадків задовольняє умови, згідно з СНиП 2.09.02-85, що підтверджується схемою, яка надана вище.

6.8. Висновки по розділу

У цій частині дипломної роботи було визначено потенційно небезпечні шкідливі фактори, при виконанні роботи, розраховано освітленість комп'ютерної лабораторії яке відповідає нормам.

Проаналізували пожежну безпеку в приміщенні, та дійшли висновку що вона відповідає вимогам. Також був проведений аналіз електробезпеки приміщення в результаті чого встановлено, що він відповідає ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. «Електробезпека. Захисне заземлення, занулення. Вимірювання, 1987». В результаті було встановлено, що приміщення відповідає державним нормам та забезпечує комфортні умови праці.

ВИСНОВКИ

Загалом під час виконання магістерської дисертації було проведено аналіз методів очищення води, розглянуто їх принцип використання, недоліки та переваги, обрано більш підходящий. Розглянуто характеристики рідини після ультразвукового очищення.

На етапах проектування мобільної установки для знезараження рідини були розглянуті попередні аналоги приладу, в результаті розроблена принципова схема, розглянуто її конструкцію та принцип роботи. Також були проведені лабораторні роботи по визначенню продуктивності ультразвукового знезараження рідини на існуючому пристрої.

Проведено розрахунок лінійних переміщень та використано програму для автоматизованого проектування віброприводу, а також було проведено математичне моделювання ультразвукового ступінчастого трансформатора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОХ ДЖЕРЕЛ

1. http://mediana-filter.ru/water_disinfection.html
2. Мазаев В.Т., Корлёв А.А., Шлепнина Т.Г. Коммунальная гигиена / Под ред. В.Т. Мазаева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 304 с.
3. Яковлев С.В, Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2002 - 704 с.
4. <http://ur.co.ua/112/122-5-ekologiya-i-zagryaznenie-vody.html>
5. Медична екологія, 2003р. Медицинская экология./Под ред. А.А. Королева. - М.: Издательский центр «Академия», 2003г. - 192с.
6. Мазаев В.Т., Шлепнина Т.Г., Мандрыгин В.И.. Контроль качества питьевой воды. -М.: Колос, 1999г. - 168с.
7. http://lyudiivoda.narod.ru/aktyalnost_problemu_zagryazneniya_vodoe_mov.html
8. <https://www.aquanova.com.ua/stati-i-obzory/metody-filtratsii-vody-ikh-dostoinstva-i-nedostatki>
9. <https://nature-time.ru/2014/09/sovremennyye-metodyi-ochistki-vodyi/#3>
10. https://promwater.ru/company/baza_znanij/rassylka_kompanii/obezza_razhivanie_plyusy_i_minusy_raznyh_sposobov/
11. Антушева Т. И. Некоторые особенности влияния ультразвука на микроорганизмы // «Живые и биокосные системы». – 2013. – № 4; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-4/article-11>
12. Опір матеріалів: Конспект лекцій.
13. http://pgm.kpi.ua/downloads/metod/konspekt_vibr_vyk_prystr.pdf
14. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле./Пер. с англ. Л.Г Корнейчука;Под ред. Э.И.Григолюка.-.:Машиностроение, 1985.-424с.
15. http://journal.mmi.kpi.ua/article/download/164346/pdf_101

16. Безпека під час експлуатації балонів:
https://pidruchniki.com/1763111838313/bzhd/bezpeka_pid_chas_eksp_luatatsiyi_baloniv
- 17.<http://uapatents.com/9-113244-ultrazvukovijj-pristriij-dlya-obrobki-ridini.html>
- 18.Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
- 19.Основи охорони праці. Навчальний посібник / За ред. проф. Ст. Березуцького, Х.: 2005 - 225 с.
- 20.http://imm-mmi.kpi.ua/proc/article/download/169310/pdf_85