

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз процесу знезараження використання води
методом хлоритації

Виконав: студент _____ курсу, групи _____

спеціальності 145 гідроенергетика
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Гідроенергетика
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Кілітіна Максим Гігоровича
(ініціали та прізвище)

Керівник доктор, к.т.н. Олександр Олександрович
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент канд. техн. наук Олександр Олександрович - ГЕС-1 Дніпро А.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

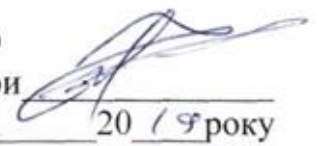
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій
Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 145 Гідроенергетика
(код та назва)
Освітня програма Гідроенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« 26 » 12 20 19 року



ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Михайлу Максиму Григоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз процесу зварювання висо-
ростаючої води методом комутації

керівник роботи Осаца Олександр Іванович, доцент, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 10 » 09 20 19 року № 1536-С

2 Строк подання студентом роботи 10.01.2020

3 Вихідні дані до роботи потужність зварювального апарату
присадило - 2,8 кВт, $L = 3000 \text{ мГн}$

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Матеріали дослідження об'єктів; параметри, результати та
експериментальні дослідження

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Модуль АКК-1; Ротарно-циклонний комінатор; Модуль АКК-2
із приписом п. 10; Ротарно-циклонний комінатор

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Осаур О.І.	Місцяч, 10.9-10.10	Місцяч
2	Осаур О.І.	Місцяч, 10.10-10.11	Місцяч
3	Осаур О.І.	Місцяч, 10.11-10.12	Місцяч
4	Осаур О.І.	Місцяч, 10.12-10.1.20	Місцяч

7 Дата видачі завдання 10 09 19

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примі
1	Аналізував вісім досліджень	10.09 - 10.10.19	
2	Упорядкував матеріали досліджень	10.10 - 10.11.19	
3	Аналізував на провадних методах на сучасності досліджень	10.11.19 - 10.12.19	
4	Зробив фінальний проект до його завершення	10.12.19 - 10.01.20	

Студент Місцяч (підпис) Місцяч М.Т. (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) Місцяч (підпис) Осаур О.І. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Канюк (підпис) Канюк Т.М. (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Нікітін М.Г. Аналіз процесу знезараження використаної води методом кавітації.

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 145 – Гідроенергетика, науковий керівник О.І. Осаул. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

Виконаний аналіз існуючих методів очищення знезараженої води, а також проведено визначення впливу гідродинамічної кавітації на їх процеси. Відпрацьовані досліджені матеріали кавітаційного теплогенератора та їх види, також більш детально було вивчено щодо гідроударного-кавітаційного апарату. Визначено дослідження кавітаційних явищ та руйнування суцільності рідини в судинах.

Ключові слова: КАВІТАЦІЯ, ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ, КАВІТАТОР, ТЕПЛОГЕНЕРАТОР.

SUMMARY

Nikitin M.G. Analysis of the process of decontamination of used water by the method of cavitation.

Qualification work for higher master's degree in specialty 145 - Hydropower, supervisor O.I. Osaul. Zaporizhzhya National University. Engineering Institute. Faculty of Energy, Electronics and Information Technology, Department of Thermal Power and Hydropower, 2020.

The analysis of existing methods of purification of disinfected water was performed, and the influence of hydrodynamic cavitation on their processes was determined. The studied materials of the cavitation heat generator and their types have also been studied in more detail with respect to the hydro-shock cavitation apparatus. Investigation of cavitation phenomena and destruction of fluid continuity in vessels is determined.

Keywords: CAVITATION, WATER DISINFECTION, CAVITATOR, HEAT GENERATOR

АННОТАЦИЯ

Никитин М.Г. Анализ процесса обеззараживания использованной воды методом кавитации.

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 145 - Гидроэнергетика, научный руководитель А.И. Осаул Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет энергетики, электроники и информационных технологий, кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

Выполненный анализ существующих методов очистки обеззараженной воды, а также проведено определение влияния гидродинамической кавитации на их процессы. Отработанные исследованы материалы кавитационного теплогенератора и их виды, а также более подробно было изучено по гидроударного-кавитационного аппарата. Определены исследования кавитационных явлений и разрушения цельности жидкости в сосудах.

Ключевые слова: КАВИТАЦИЯ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ, КАВИТАТОР, ТЕПЛОГЕНЕРАТОР.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІЖДЕННЯ.....	10
1.1 Кавітаційні явища. Фізичні основи кавітації.....	10
1.2 Позитивні і негативні сторони кавітації.....	12
1.2.1 Позитивні сторони.....	12
1.2.2 Негативні сторони.....	13
1.3 Запобігання наслідків.....	14
1.4 Практичне використання кавітаційних явищ.....	14
1.4.1 Лопатеві насоси і гвинти судів.....	16
1.4.2 Лопатеві насоси. Кавітація на стороні всмоктування.....	17
1.4.3 Відцентрові насоси. Кавітація в ущільненні робочого колеса	
1.5 Стабілізація витрати рідини.....	17
1.6 Знезараження води: методи очищення.....	20
1.7 Хімічні методи знезараження.....	21
1.8 Фізичні способи знезаражування.....	21
1.9 Установка кавітаційного нагріву і знезараження води.....	22
1.10 Знезараження ультрафіолетом.....	25
1.11 Знезараження ультразвуком.....	27
1.12 Комбіновані способи знезараження.....	27
1.13 Хлоровмісні реагенти для знезараження води.....	28
1.14 Знезараження води методом озонування.....	29
1.15 Активний ультразвук та ультразвук-кавітація.....	31
2 МАТЕРІАЛИ ДОСЛІЖДЕННЯ ОБ'ЄКТІВ.....	39
2.1 Вплив гідродинамічної кавітації.....	39
2.2 Кавітаційний теплогенератор.....	44
2.2.1 Пристрій і принцип роботи.....	44
2.2.2 Найпростіша модель.....	45

2.2.3 Ідеальний теплогенератор Потапова.....	46
2.2.4 Види кавітаційних теплогенераторів.....	46
2.2.4.1 Роторний теплогенератор.....	47
2.2.4.2 Трубчасті.....	48
2.2.4.3 Ультразвукові.....	49
2.2.5 Переваги та недоліки.....	50
2.2.6 Застосування.....	51
2.3 Гідроударний-кавітаційний апарат.....	51
3 МЕТОДИКИ, РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	69
3.1 Дослідження кавітаційних явищ в роторному апараті.....	69
3.2 Експериментальна установка.....	70
3.3 Перетворення експериментальної установки.....	74
3.4 Результати проведених дослідів. Перевірка коректності роботи установки.....	76
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	78
4.1 Норми і правила з техніки безпеки і виробничої санітарії.....	78
4.2 Інструктаж і навчання працівників правилам техніки безпеки і виробничої санітарії.....	82
4.3 Протипожежна безпека.....	89
4.4 Охорона навколишнього середовища.....	89
ВИСНОВКИ.....	94
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	95

ВСТУП

Актуальність роботи. Значне розширення масштабів виробництва в усіх галузях народної діяльності супроводжується збільшенням промислових, сільськогосподарських та побутових відходів. Це зумовлює необхідність посилення заходів охорони навколишнього середовища і, в першу чергу, водних ресурсів, куди після очищення потрапляють різні забруднювачі.

Поширеними методами знезараження води серед когорти хімічних є хлорування, озонування, дія пероксиду водню тощо. Проте недоліки цих методів (утворення побічних продуктів дезінфекції, недостатня ефективність процесу, реактивація мікроорганізмів, небезпека передозування тощо) суттєво обмежують їх застосування в процесах водоочищення. Сучасні технології дозволяють знезаражувати воду, не застосовуючи хімічних реагентів. Тому дедалі більшого значення набувають фізичні чинники впливу на водну систему – магнітні, електричні, ультрафіолетові, ультразвукові (УЗ). Серед них практичної значимості набувають звукохімічні методи знезараження. Перспективним напрямком в цій галузі є застосування кавітації, яка позбавлена ряду недоліків, притаманних хімічним методам та характеризується високою ефективністю процесу. Це й обумовлює актуальність подальшого дослідження впливу кавітаційного ефекту на життєздатність мікроорганізмів із врахуванням сучасних екологічних і технологічних вимог в галузі очищення води.

Об'єкт дослідження – кавітація, її методи очищення води та матеріали об'єктів.

Предмет дослідження – вплив кавітації щодо знезараження води.

Мета роботи – розробка експериментальної лабораторної установки для дослідження процесу знезараження води методом кавітації.

Задачі дослідження:

- провести аналіз існуючих методів знезараження води, та їх види;
- збір, систематизація, аналіз уже відомих даних і результатів різних досліджень, експериментів по знезараженню води;
- розробка конструкцій експериментальної лабораторної установки для дослідження процесів.

Методи та засоби дослідження. В роботі використані основні методи та засоби дослідження процесу знезараження використаної води методом кавітації.

Наукова новизна одержаних результатів. Полягає у теоретичному обґрунтуванні та експериментальному дослідженні нової технології очищення води.

Практична цінність роботи полягає в наступному – розроблена експериментальна лабораторна установка для дослідження та отримання результатів.

Апробація роботи. Основні положення роботи викладені в електронному збірнику – Наукового журналу «Молодий вчений», <http://molodyvcheny.in.ua/ru/>

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота влючає вступ, чотири розділи, висновок, прелік використаних джерел посилань з 23 позицій. Загальний обсяг складає, у тому числі 47 ілюстрацій, 4 таблиці та 2 схеми.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІЖДЕННЯ

1.1 Кавітаційні явища. Фізичні основи кавітації

Кавітація - процес утворення і подальшого схлопування бульбашок повітря (пара) в потоці рідини, що супроводжується шумом і гідравлічними ударами, утворення в рідині порожнин (кавітаційних бульбашок, або пустот), які можуть містити розріджений пар. Кавітація виникає в результаті місцевого зниження тиску в рідині нижче тиску насичення, яке може відбуватися або при збільшенні її швидкості (гідродинамічна кавітація), або при проходженні акустичної хвилі великої інтенсивності під час напівперіоду розрідження (акустична кавітація), існують й інші причини виникнення ефекту. Переміщаючись з потоком в область з більш високим тиском або під час напівперіоду стискання, кавітаційний бульбашка схлопується, випромінюючи при цьому ударну хвилю. У своїй основі кавітація має той же механізм дії, що і ударна хвиля в повітрі, що виникає в момент подолання твердим тілом звукового бар'єру.

Явище кавітації носить локальний характер і виникає лише там, де є умови. Переміщатися в середовищі виникнення не може. Кавітація руйнує поверхню гребних гвинтів, гідротурбін, акустичних випромінювачів, деталей амортизаторів, гідромуфт та ін. (див. рис. 1.1). Кавітація також приносить користь - її застосовують в промисловості, медицині, військовій техніці та інших суміжних областях.

Згідно з визначенням Крістофера Брено: «Коли рідина піддається тиску нижче порогового (напрузі розтягування), тоді цілісність її потоку порушується, і утворюються пароподібні порожнини. Це явище називається кавітацією. Коли місцеве тиск рідини в деякій точці падає нижче величини, що відповідає тиску насичення при даній температурі навколишнього середовища, тоді рідина переходить в інший стан, утворюючи, в основному,

фазові порожнечі, які називаються кавітаційними бульбашками. Можливе й інше утворення кавітаційних бульбашок шляхом місцевої подачі енергії. Це може бути досягнуто фокусуванням інтенсивного лазерного імпульсу (оптична кавітація) або іскрою електричного розряду».



Рисунок 1.1 – Лопатки, що зазнали кавітації

У багатьох джерелах фізика цього явища пояснюється наступним чином. Фізичний процес кавітації близький процесу закипання рідини. Основна відмінність між ними укладено в тому, що при закипанні зміна фазового стану рідини відбувається при середньому за обсягом рідини тиску, рівному тиску насиченої пари, тоді як при кавітації середній тиск рідини вище тиску насиченої пари, а падіння тиску носить локальний характер. Однак більш пізні дослідження показали, що провідну роль в утворенні бульбашок при кавітації грають гази, що виділяються всередину утворюються бульбашок. Ці гази завжди містяться в рідині, і при місцевому зниженні тиску починають інтенсивно виділятися всередину зазначених бульбашок.

Оскільки під впливом змінного місцевого тиску рідини бульбашки можуть різко скорочуватися і розширюватися, то температура газу всередині бульбашок коливається в широких межах, і може досягати декількох сотень

градусів за Цельсієм. Є розрахункові дані, що температура всередині бульбашок може досягати 1500 °С. Слід також враховувати, що в розчинених в рідині газах міститься більше кисню в процентному відношенні, ніж в повітрі, і тому гази в бульбашках при кавітації хімічно більш агресивні, ніж атмосферне повітря - викликають в результаті окислення (вступ в реакцію) багатьох зазвичай інертних матеріалів.

1.2 Позитивні і негативні сторони кавітації

1.2.1 Позитивні сторони

Хоча кавітація небажана в багатьох випадках, однак є винятки. Наприклад, сверхкавітаційні торпеди, які використовуються військовими, обволікаються в великі кавітаційні бульбашки. Істотно зменшуючи контакт з водою, ці торпеди можуть пересуватися значно швидше, ніж звичайні торпеди.

Кавітація використовується при ультразвукової очищенні поверхонь твердих тіл. Спеціальні пристрої створюють кавітацію, використовуючи звукові хвилі в рідині. Кавітаційні бульбашки, схлопиваясь, породжують ударні хвилі, які руйнують частинки забруднень або відокремлюють їх від поверхні. Таким чином, знижується потреба в небезпечних і шкідливих для здоров'я чистячих речовинах в багатьох промислових і комерційних процесах, де необхідно очистити як етап виробництва.

Кавітацію використовують для обробки палива, під час обробки, паливо додатково очищається. Ці зміни, якщо паливо відразу надходить до споживача, підвищують його якість і калорійність, як наслідок, досягається більш повне згоряння і зменшення масової частки забруднюючих речовин.

1.2.2 Негативні сторони

Хімічна агресивність газів в бульбашках, що мають до того ж високу температуру, викликає ерозію матеріалів, з якими стикається рідина, в якій розвивається кавітація. Ця ерозія і становить один з чинників шкідливого впливу кавітації. Другий фактор обумовлення великими забросами тиску, що виникають при схлопуванні бульбашок і впливають на поверхні зазначених матеріалів.

Кавітаційна ерозія металів викликає руйнування гребних гвинтів суден, робочих органів насосів, гідротурбін і т.п. Кавітація також є причиною шуму, вібрації та зниження ефективності роботи гідроагрегатів.

Схлопування кавітаційних бульбашок призводить до того, що енергія навколишнього рідини зосереджується в дуже невеликих обсягах. Тим самим, утворюються місця підвищеної температури і виникають ударні хвилі, які є джерелами шуму і призводять до ерозії металу. Шум, створений кавітацією, є особливою проблемою на підводних човнах, так як знижує їх скритність. Експерименти показали, що шкідливому, руйнівному впливу кавітації піддаються навіть хімічно інертні до кисню речовини (золото, скло та ін.), Хоча і набагато більш повільного. Це доводить, що крім фактора хімічної агресивності газів, що знаходяться в бульбашках, важливим є також фактор закидів тиску, що виникають при схлопуванні бульбашок. Кавітація веде до великого зносу робочих органів і може значно скоротити термін служби гвинта і насоса. В метрології, при використанні ультразвукових витратомірів, кавітаційні бульбашки модулюють хвилі в широкому спектрі, в тому числі і на частотах, що випромінюються витратоміром, що призводить до спотворення його показань.

1.3 Запобігання наслідків

Найкращим методом запобігання шкідливих наслідків кавітації для деталей машин вважається зміна їх конструкції таким чином, щоб запобігти утворенню порожнин або запобігти руйнуванню цих порожнин біля поверхні деталі. При неможливості зміни конструкції можуть застосовуватися захисні покриття, наприклад, газотермічне напилення сплавів на основі кобальту. У системах гідроприводу часто використовують системи підживлення. Вони, спрощено кажучи, являють собою додатковий насос, рідина від якого починає надходити через спеціальний клапан в гідросистему, коли в останній тиск падає нижче допустимого значення. Якщо тиск в гідросистемі не опускається нижче допустимого, рідина від додаткового насоса йде на злив в бак. Системи підживлення встановлені, наприклад, у багатьох екскаваторах.

1.4 Практичне використання кавітаційних явищ

Хоча кавітація небажана в багатьох випадках, є винятки. Наприклад, сверхкавітаційні торпеди, які використовуються військовими, обволікаються в великі кавітаційні бульбашки. Істотно зменшуючи контакт з водою, ці торпеди можуть пересуватися значно швидше, ніж звичайні торпеди. Так сверхкавітаційна торпеда «Шквал», в залежності від щільності водного середовища, розвиває швидкість до 370 км/год. Кавітація використовується при ультразвукової очищенні поверхонь твердих тіл. Спеціальні пристрої створюють кавітацію, використовуючи звукові хвилі в рідині. Кавітаційні бульбашки, схлопиваясь, породжують ударні хвилі, які руйнують частинки забруднень або відокремлюють їх від поверхні. Таким чином, знижується потреба в небезпечних і шкідливих для здоров'я чистячих речовинах в багатьох промислових і комерційних процесах, де необхідно очистити як етап виробництва.

У промисловості кавітація часто використовується для гомогенізації (змішування) і відсадження зважених часток в колоїдному рідинному складі, наприклад, суміші фарб або молоці. Багато промислових змішувачі засновані на цьому принципі. Зазвичай це досягається завдяки конструкції гідротурбін або шляхом пропускання суміші через кільцевидне отвір, яке має вузький вхід і значно більший за розміром вихід: вимушене зменшення тиску призводить до кавітації, оскільки рідина прагне в бік більшого обсягу. Цей метод може управлятися гідравлічними пристроями, які контролюють розмір вхідного отвору, що дозволяє регулювати процес роботи в різних середовищах. Зовнішня сторона змішувальних клапанів, по якій кавітаційні бульбашки переміщуються в протилежну сторону, щоб викликати імплзю (внутрішній вибух), піддається величезному тиску і часто виконується з надміцних або жорстких матеріалів, наприклад, з нержавіючої сталі, стелліта або навіть полікристалічного алмаза (PCD).

Кавітацію використовують для обробки палива. Під час обробки паливо додатково очищається (під час проведення хімічного аналізу відразу виявляється істотне зменшення кількості фактичних смол), і перерозподіляється співвідношення фракцій (в сторону більш легких). Ці зміни, якщо паливо відразу надходить до споживача, підвищують його якість і калорійність, як наслідок, досягається більш повне згоряння і зменшення масової частки забруднюючих речовин. Зараз до цих пір проходять дослідження щодо впливу кавітації на паливо. Їх проводять приватні компанії та інститути.

Також були розроблені кавітаційні водні пристрої очищення, в яких граничні умови кавітації можуть знищити забруднюючі речовини і органічні молекули. Спектральний аналіз світла, що випускається в результаті сонохімічної реакції, показує хімічні та плазмові базові механізми енергетичної передачі. Світло, яке випромінюється кавітаційними бульбашками, називається сонолюмінесценція.

Кавітаційні процеси мають високу руйнівну силу, яку використовують для дроблення твердих речовин, які знаходяться в рідині. Одним із застосувань таких процесів є подрібнення твердих включень в важкі палива, що використовується для обробки котельного палива з метою збільшення калорійності його горіння.

Кавітаційні пристрої знижують в'язкість вуглеводневого палива, що дозволяє знизити необхідний нагрів і збільшити дисперсність розпилення палива. Кавітаційні пристрої використовуються для створення водно-мазутних і водно-паливних емульсій та сумішей, які часто використовуються для підвищення ефективності горіння або утилізації обводнених видів палива.

1.4.1 Лопатеві насоси і гвинти судів

У місцях контакту рідини з швидко рухомими твердими об'єктами (робочі органи насосів, турбін, гребні гвинти судів, підводні крила і т. д.) Відбувається локальне зміна тиску. Якщо тиск в якійсь точці падає нижче тиску насиченої пари, відбувається порушення цілісності середовища. Або, простіше кажучи, рідина закипає. Потім, коли рідина потрапляє в область з більш високим тиском, відбувається «схлопування» бульбашок пари, що супроводжується шумом, а також появою мікроскопічних областей з дуже високим тиском (при зіткненні стінок бульбашок). Це призводить до руйнування поверхні твердих об'єктів. Їх як би «роз'їдає». Якщо зона зниженого тиску виявляється досить великою, виникає кавітаційна каверна - порожнина, заповнена паром. В результаті нормальна робота лопатей порушується і можливий навіть повний зрив роботи насоса. Цікаво, але є приклади, коли кавітаційна каверна спеціально закладається при розрахунку насоса. У тих випадках, коли уникнути кавітації неможливо, таке рішення дозволяє уникнути руйнівного впливу кавітації на робочі органи насоса.

Режим, при якому спостерігається стійка кавітаційна каверна, називають «режимом суперкавітації».

1.4.2 Лопатеві насоси. Кавітація на стороні всмоктування

Як правило, зона кавітації спостерігається поблизу зони всмоктування, де рідина зустрічається з лопатями насоса. Імовірність виникнення кавітації тим вище:

- чим нижче тиск на вході в насос;
- чим вище швидкість руху робочих органів щодо рідини;
- чим більш нерівномірно обтікання рідиною твердого тіла (високий кут атаки лопаті, наявність зламів, нерівностей поверхні і т.п.).

1.4.3 Відцентрові насоси. Кавітація в ущільненні робочого колеса

У класичних відцентрових насосів частина рідини з області високого тиску проходить через щілину між робочим колесом і корпусом насоса в зону низького тиску. Коли насос працює з істотним відхиленням від розрахункового режиму в бік підвищення тиску нагнітання, витрата витоків через ущільнення між робочим колесом і корпусом зростає (через збільшення перепаду тиску між порожнинами всмоктування і нагнітання). Через високу швидкість рідини в ущільненні можлива поява кавітаційних явищ, що може привести до руйнування робочого колеса і корпусу насоса. Як правило, в побутових і промислових випадках режим кавітації в робочому колесі насоса можливий при різкому падінні тиску в системі опалення або водопостачання: наприклад, при розриві трубопроводу, калорифера або радіатора. При різкому падінні тиску в зоні робочого колеса насоса утворюється вакуум, вода при низькому тиску починає скипати. При цьому натиск різко падає.

Режим кавітації призводить до ерозії робочого колеса насоса, і насос виходить з ладу.

1.5 Стабілізація витрати рідини

Ефект кавітації часто використовують для практичних цілей. Зокрема, він використовується в пристроях для стабілізації витрати рідини. Пристрій (див. рис. 1.2 а) складається з дросельної шайби 1, що вимірює витрата рідини, і осесиметричної дросельної голки 2, що служить для введення пристрою в кавітаційний режим роботи.

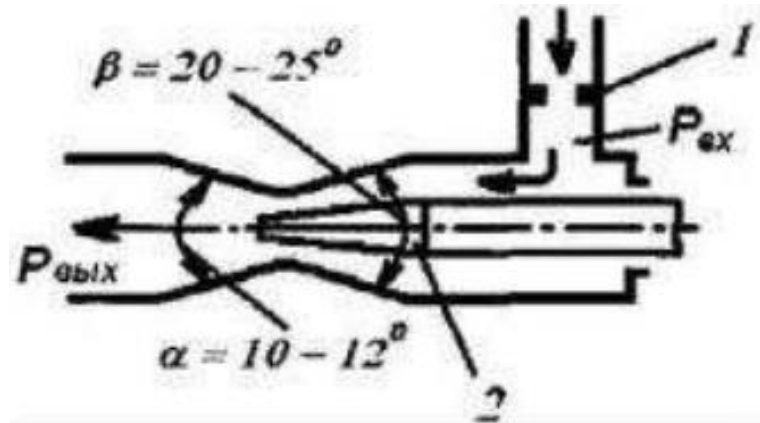


Рисунок 1.2 а – Принципова схема кавітаційного пристрою для стабілізації витрати рідини

При зниженні тиску $P_{вих}$ на виході, в даному випадку з сопла Вентурі, при постійному тиску $P_{вх}$ на вході в нього швидкість потоку рідини буде підвищуватися, відповідно до чого тиск у звуженому перетині сопла буде знижуватися. Після досягнення цього тиску до величини, що відповідає початку кавітації рідини, остання закипає. Оскільки опір сопла після цього буде збільшуватися пропорційно інтенсивності кавітації, яка, в свою чергу, буде підвищуватися зі збільшенням перепаду тиску, витрата через сопло після виникнення кавітації стабілізується, зберігаючись постійним незалежно від подальшого знімання тиску на виході з сопла. При зменшенні цього тиску

буде лише розширюватися зона кавітації по диффузійній частині, починаючи від звуженого перетину.

Подібні кавітаційні пристрої (сопла) використовують для стабілізації витрати при коливаннях тиску на виході (при коливаннях навантаження). Вони забезпечують регулювання витрати рідини в великому діапазоні (≥ 10) при одночасній стабілізації витрати на кожному режимі.

На рисунку 1.2 б показані криві залежності регульованої витрати Q рідини від перепаду тиску на сопла при різних значеннях (від 10 до 30) $\text{кг}/\text{см}^2$ тиску $P_{\text{вх}}$ на вході і тиску $P_{\text{вих}}$ на виході, що змінюється від 0 до вхідного $30 \text{ кг}/\text{см}^2$. Виміри проведені при витраті рідини (від 500 до 40 000) $\text{см}^3/\text{сек}$ при тисках $P_{\text{вх}} = 10; 20; 25$ і $30 \text{ кг}/\text{см}^2$.

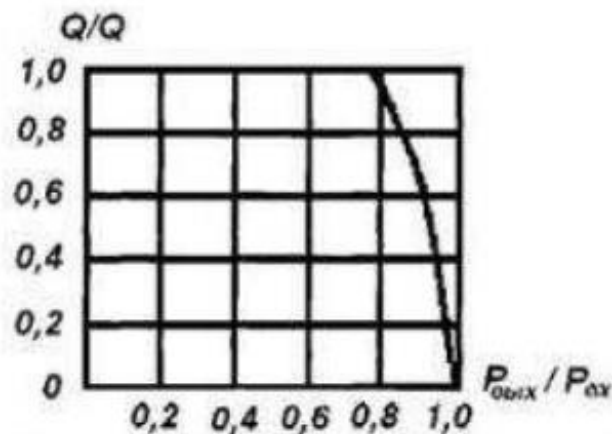


Рисунок 1.2 б – Крива, що характеризує стабільність витрати через кавітаційні пристрої

З графіка випливає, що витрата рідини зберігається в постійному (коефіцієнт витрати μ змінювався від 0,96 до 0,97) в широкому діапазоні режимів. Порушення стабілізованої витрати відбувається практично при значеннях критичного тиску на виході $P_{\text{вих}} \approx P_{\text{вх}}$, де $P_{\text{вх}}$ - тиск потоку на вході в сопло. Слід зазначити, що помітного кавітаційного руйнування поверхонь деталей при цьому не відбувається.

Наведені приклади відображають лише частину можливих випадків використання кавітації, бо свідчить про необхідність теоретичного і

експериментального дослідження кавітаційних явищ з метою їх практичного застосування.

1.6 Знезараження води: методи очищення

Знезараження води - це видалення з води всіх шкідливих бактерій і вірусів, які можуть викликати різні інфекційні захворювання.

За допомогою різних способів фільтрування з води видаляються механічні суспензії і розчинені речовини. Її пом'якшують, звільняють від органічних і неорганічних сполук. Однак після фільтрації у воді можуть залишатися забруднення біологічного характеру. З бактеріями і вірусами, багато з яких викликають захворювання людини, може впоратися далеко не кожен фільтр. Щоб усунути біологічне забруднення, виконують знезараження води. Для знезараження застосовують цілий ряд методів.

Способи знезараження води:

- хімічне або реагентне;
- фізична або безреагентне;
- комбіноване.

Кожен з цих методів дозволяє позбутися від будь-яких шкідливих мікроорганізмів певним способом. Наприклад, хімічні методи працюють за допомогою спеціальних коагулянтів-реагентів, які додають в воду саме з метою знезараження. Це хлорування, озонування, застосування гіпохлориту натрію, срібла, кремнію і багатьох інших речовин, які допомагають або позбутися від «шкідників», або як мінімум загальмувати їх розмноження. Безреагентні методи - знезаражування води із застосуванням фізичного безреагентного впливу на рідину. Це УФ-випромінювання, Електроімпульсне знезараження та інші подібні способи.

Комбіновані методи застосовують з використанням як фізичного, так і хімічного впливу поперемінно. Такий підхід до знезараження максимально

ефективний і, як правило, дозволяє домогтися не тільки повного знезараження рідини, але і недопущення вторинного розмноження бактерій і вірусів у воді. Крім того, застосування декількох способів дозволяє ще й очистити її від інших забруднювачів.

1.7 Хімічні методи знезараження

Знезараження води хімічним (реагентним) способом здійснюється додаванням в рідину біологічно активних хімічних розчинів. Реагентне знезараження води відбувається в результаті додавання окислювачів хлору, озону, а також іонізацією. При використанні хімічного знезараження води, важливо дотримуватися правильного дозування хімічних реагентів і час їх реакції з водою. Для якісного знезараження води дозу реагентів розраховують з надлишком, тому що це дасть більший знезаражуючий ефект. Збільшувати дозу більше необхідного теж не можна. Багато речовини токсичні і при вживанні людиною можуть викликати отруєння. Крім того, вони утворюють мутагенні і канцерогенні сполуки. Дотримання цих умов дасть очікувану знезаражувальну дію.

1.8 Фізичні способи знезаражування

Знезараження води фізичним (безреагентним) способом відбувається завдяки ультрафіолетовому світлу. При знезараженні води таким методом воду попередньо готують, очищаючи її від механічних домішок спеціальними механічними фільтрами. Також готують воду методом коагуляції, видаляючи при цьому, гельмінти і мікроорганізми. Попередньо воду очищають від суспензії, оскільки каламутність знижує ефективність впливу.

1.9 Установка кавитационного нагріву і знезараження води

В даний час перспективні безреагентні методи очищення води. Кавітаційне знезараження води є одним з безреагентних методів знезараження води. При кавітаційному впливі на воду руйнуються колоїди та частки, всередині яких можуть міститися бактерії. Тим самим хвороботворні організми позбавляються захисту перед іншими хімічними та фізичними впливами кавітації. Бактерицидну дію кавітації прямо пропорційно її інтенсивності, кратності або часу обробки. Вплив кавітації на водні розчини зводиться до розщеплення молекул води в кавітаційних бульбашках. Дія кавітації на воду призводить до зміни її фізико-хімічних властивостей: збільшення рН, електропровідності води, збільшення числа вільних іонів і активних радикалів, структуризації і активації молекул. Вплив кумулятивних струменів рідини при схлопуванні кавітаційних мікробульбашок викликає загибель бактерій.

Безреагентний спосіб водоочищення, дозволяє здійснити глибоке очищення води при збереженні в ній біологічно важливих для організму мікроелементів (кальцію, магнію, калію, фтору і т.д.). Суть будь-якого способу водоочищення полягає в тому, щоб розчинені у воді речовини перевести в нерозчинні або газоподібні, а потім видалити їх. При порівнянні економічних витрат різних методів на очистку умовної одиниці об'єму питної води кавітація виявляється найдешевшим способом.

Установка кавитационного нагріву і знезараження води створювалася для переробки води в басейнах і резервуарах невеликого обсягу. Експериментальні перевірки роботи установки показали, що питна вода, після кавітаційного впливу, покращує свої питні властивості. Вона стає «м'якше», у неї збільшується рН, збільшується електропровідність. При схлопуванні парогазових бульбашок виникають кумулятивні струмені з

динамічним тиском перевищують $P = 10000$ атм. В таких умовах не зможуть вижити жодні, відомі науці бактерії. Відбувається знезараження води.

Установка кавітаційного нагріву і знезараження води може використовуватися для технологічних потреб. Нагрівання кислих і лужних розчинів до заданих температур.

На рисунку 1.3 показаний проточний підігрівач, з регулюванням витрати і температури підігрітої води, а також технічна характеристика проточного підігрівача який представлений в таблиці 1.1.



Рисунок 1.3 – Проточний підігрівач, з регулюванням витрати і температури підігрітої води

Таблиця 1.1 – Проточні нагрівачі

Параметри	УКН_П-8	УКН_П-16
Продуктивність регульована, м ³ /год	0,1 - 0,5	0,3 - 1
Потужність теплового потоку, кВт	8,6	17,4
Роб. температура середовища, °С	+5+70	+5+70
Робочий тиск до вихрового кавітатора, атм	20	20
Тип рідини, що нагрівається	вода, водні розчини	вода, водні розчини
Потужність двигуна, кВт	7,5	15,0
Напруга електромережі, в	380	380
Термін експлуатації	3-5 років	3-5 років
Вага, кг	110	195
Особливі рекомендації	-	-

На рисунку 1.4 показаний другий, оборотний нагрівач води для підключення до ємкості тобто судині, а також технічна характеристика оборотного нагрівача який представлений в таблиці 1.2.



Рисунок 1.4 – Оборотний нагрівач води для підключення до ємкості (судині)

Установка підключається до ємності з водою, і нагріває рідину по зворотному схемою. Технічні характеристики установки кавітаційного нагріву і знезараження питної води.

Таблиця 1.2 – Оборотні нагрівачі

Параметри	УКН_О-18	УКН_О-28
Продуктивність регульована, м ³ /год	0,3 - 2	1 - 5
Потужність теплового потоку (розрахункова), кВт	26,4	36,0
Роб. температура середовища, °С	+5+70	+5+70
Робочий тиск до вихрового кавітатора, атм	20	20
Тип рідини, що нагрівається	вода, водні розчини	вода, водні розчини
Потужність двигуна, кВт	22,0	30,0
Напруга електромережі, в	380	380
Термін експлуатації	3-5 років	3-5 років
Вага, кг	1005	1205
Особливі рекомендації	Нагрівання рідини за оборотною схемою.	Нагрівання рідини за оборотною схемою.

А вже в таблиці 1.3. представлені порівняльні характеристики нагріву заданого обсягу води.

Таблиця 1.3 – Порівняльні характеристики нагріву заданого обсягу води установкою кавітаційного нагріву проточного типу, і електронагрівачами ТЕН.

Параметри	ТЭН	УКН_П-16
Обсяг води, м ³	1,0	1,0
Потужність теплового потоку, кВт	15,0	17,4
Початкова температура води, °С	+18	+18
Кінцева температура води, °С	+60	+60
Потужність (приводу насоса, ТЭН), кВт	15,0	15,0
Напруга електромережі, в	380	380
Час нагріву обсягу води, хв	195	170

1.10 Знезараження ультрафіолетом

Ультрафіолетові промені надають дію на обмін речовин в бактеріальній клітці і на її ферментні системи. Знищуються і спори бактерій. При цьому смак, колір і запах води не змінюються (див. рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Установка ультрафіолетового знезараження води

Органолептичні властивості води при цьому не змінюються. Подібний вид обробки не може впливати на утворення токсичних речовин, а тому і верхнього порогу дози теж немає. Відповідно, збільшуючи дозу

УФ-випромінювання, ви цілком зможете домогтися найкращих результатів очищення та знезараження води. Але є у цього способу і недолік - повна відсутність післядії. Ще такі процеси вимагають від замовника капітальних вкладень в сферу: набагато більших, ніж при хлоруванні, але відчутно менших, ніж при озонуванні. Тому для індивідуального користування такі установки будуть найкращим варіантом, тому що менші апарати будуть за собівартістю виходити приблизно на рівні хлорування, тільки з усіма наслідками, що випливають плюсами даного виду знезараження води.

Знизити ефективність такої установки може найчастіше один фактор, забруднення кварцових ламп мінеральними відкладами солей, які в своїй основі мають мінерально-органічний склад. Вирішується це питання просто - або додають харчові кислоти в воду (оцет відмінно справляється з подібною проблемою), що циркулюють через установку, або проводять механічне очищення поверхні ламп.

Знезараження УФ-випромінюванням проводять тільки після попереднього очищення води, так як наявні в воді забруднення можуть просто звести весь процес нанівець, екранізуючи УФ-промені. Найбільш оптимальна довжина хвиль – (200...295) нм. Максимально результативною є «золота середина» - 260 нм. Цей рівень випромінювання активно руйнує цитоплазму клітин, впливаючи на білкові колоїди.

Ультрафіолетове випромінювання без перебільшень на сьогодні найефективніший метод знезараження води. Даний засіб відноситься до невидимої короткохвильової частини спектра. Термін служби УФ-лампи складає в середньому кілька тисяч годин.

Використовують ультрафіолет тільки після очищення води від механічних суспензій. Замутненість перешкоджає проникненню променів. Ефективність роботи установки знижується при відкладенні на поверхні

лампи мінеральних солей. Очищають їх механічним способом або створюючи кисле середовище проходить рідини.

1.11 Знезараження ультразвуком

Знезараження води із застосуванням ультразвукового устаткування ґрунтується на здатності певних звукових частот викликати кавітацію, тобто утворювати порожнечі, які створюють велику різницю в тиску. Подібний дисонанс веде до розриву клітинних оболонок і подальшої загибелі клітини бактерії. Залежить рівень бактерицидної дії від інтенсивності коливань звуку. Але дані установки вимагають певного обладнання, кваліфікованого обслуговування, також вони досить дорогі.

Ультразвук проводиться генератором - магнітострикційним або п'єзоелектричним. Щоб знезараження проводилося максимально ефективно, створюється частота звуку в 48 тис. Гц. Говорячи про ефективність ультразвуку, варто згадати такий факт: частота в 20 тис. Гц дозволяє різати метали і навіть обробляти алмази. Але при низькій частоті ультразвук може спровокувати зростання числа бактерій у воді. А тому знання, що протікають і обслуговування недешевої апаратури у користувача подібної установки повинно бути обов'язково.

1.12 Комбіновані способи знезараження

Комбіноване знезараження води здійснюється фізичним і хімічним способом одночасно. Зараженість води визначають за допомогою бактеріологічного аналізу води, який покаже загальне число бактерій і кількість індикаторних бактерій групи кишкової палички (БГКП) в 1 міліграмі води.

Основним видом БГКП є бактерії E.coli. Цей вид бактерій найлегше визначається, коефіцієнт стійкості до знезараження на високому рівні. E. coli при безпечної нормі є чітким визначником фекальних забруднень. Нормами СанПіН 2.1.4.1074-01 встановлено загальне число бактерій E.coli не більш 50, за умови відсутності в 100 мл бактерій колиформи. Мірою яка б показала ступінь зараженості називається коли-індекс, це зміст E.coli в 1000 мл (1 літрі) води.

Найпопулярнішим методом знезараження води вважається хлорування. Його популярність обумовлена вартістю і доступністю реагентів, рідкого, газоподібного або порошкового хлору. Так само цей спосіб знезараження води відносно простий, з точки зору технічної реалізації. Важливою позитивною дією хлору, є його післядія. Процес повторного зростання мікроорганізмів зупиняється якщо в воді вміст залишкового хлору одно (0,3...0,5) мг/л. При великій дозі хлору в процесі знезараження води відбувається окислення органічних сполук, що спобствует розвитку токсичних хлорорганічних сполук. При великій концентрації цих елементів відбувається забруднення через систему водопостачання і каналізації: питної води, річок (вниз за течією), озер. Великим недоліком хлору, є його сильнодіючих і токсичність. Що створює велику небезпеку при транспортуванні, недодержанні заходів безпеки при зберіганні і використанні.

1.13 Хлоровмісні реагенти для знезараження води

Не дивлячись на наявність безлічі сучасних методів очистки знезараження води, в нашій державі продовжують застосовувати у водопостачальній практиці хлорування. Пояснючи - це простотою у використанні, обслуговуванні, а також високою ефективністю і, звичайно, дешевизною реагенту. Важливим плюсом в застосуванні названого методу є

в першу чергу його післядія. Навіть при невеликому надлишку хлору (наприклад, у воді міститься близько 0,5 мг/л залишкового хлору) зростання мікроорганізмів вдруге не відбувається.

Але є в даному способі і свої мінуси. Хлор при окисленні має досить високим ступенем мутагенності, токсичності, канцерогенності. Навіть наступна за цим очищення води за допомогою активованого вугілля не видаляти повністю утворені в процесі хлорування з'єднання. Вони мають досить високою стійкістю і сильно забруднюють воду. Потім, як результат, стоки ведуть в річки, а далі токсичні речовини йдуть вниз за течією. Тому поки ведеться пошук реагентів, які будуть мати гарну здатністю знезаражувати воду, несучи при цьому менше «побічних ефектів» в процесі застосування.

Поки найбільш позитивних відгуків домоглося застосування діоксиду хлору, у якого здатність впливати на віруси і бактерії набагато вище, ніж у простого хлору. У цього ж реагенту і ступінь забруднення води на порядок менше. Правда, діоксид хлору досить дорогий і його потрібно виконувати відразу ж на місці застосування. Крім того, його перспективи не поширюються далі невеликих установок з невисокою продуктивністю.

Користуються під час хлорування хлором, хлорним вапном і іншими похідними елемента. Крім головної функції (мається на увазі дезінфекція), хлор допомагає стежити також за запахом, смаковими якостями, запобігає зростання водоростей, підтримує чистоту фільтрів, видаляє марганець, залізо, руйнує сірководень, знебарвлює і т.д.

1.14 Знезараження води методом озонування

Озонування води - це метод знезараження води в результаті, якого при взаємодії озону з водою утворюється атомарний кисень, під його впливом ферментна система мікробних клітин руйнується, і окислюються деякі

сполуки (гумінові), вони надають воді неприємний запах. Кількість озону для знезараження води залежить від забруднення води і варіюється від 1 до 6 мг/л при контакті з водою (8...15) хв. Залишковий озон повинен міститися в межі (0,3...0,5) мг/л, якщо доза буде більше, то в воді з'явиться специфічний запах, з'явиться корозія на елементах системи водопостачання. Озонування забезпечує стійкі органолептичні показники, а також не виділяє високотоксичних елементів в очищену воду. Знезараження води озонуванням доцільно використовувати при централізованому водопостачанні, тому що даний метод знезараження води вимагає велику кількість електроенергії, застосування складної апаратури, висококваліфікованого обслуговування (див. рис. 1.6).

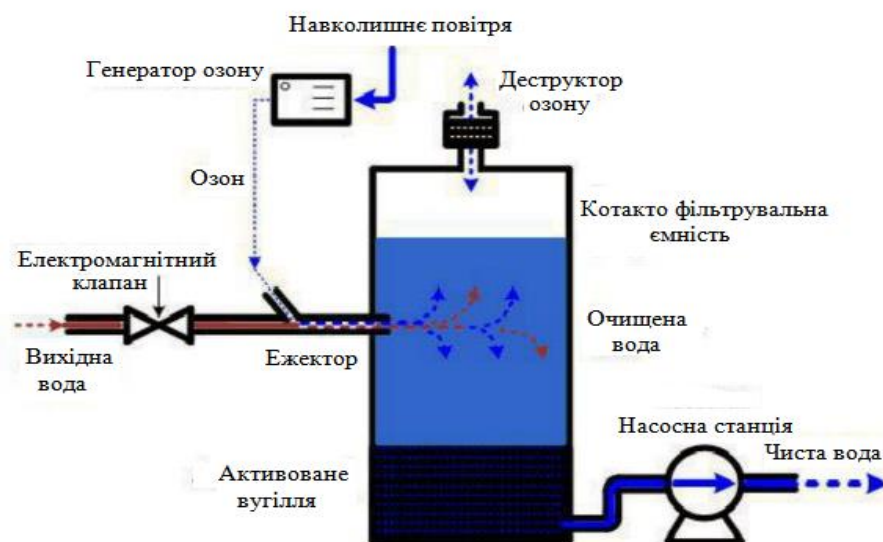


Рисунок 1.6 – Схема процесу озонування

Озон має сильну окислюючий вплив. Він проникає всередину клітини і руйнує її стінки, приводячи до загибелі бактерії. Ця речовина не тільки є сильним антисептиком, але також знебарвлює і дезодорує воду, окисляє метали. Озон працює швидко і позбавляється практично від усіх мікроорганізмів, що знаходяться у воді, обганяючи по цій характеристиці хлор.

Озонування вважається найбільш безпечним і ефективним методом, але і воно має кілька мінусів. Надлишок озону призводить до корозії металевих частин обладнання і трубопроводів, апарати зношуються і руйнуються швидше, ніж звичайно. Крім того, новітні дослідження відзначають, що озонування викликає «пробудження» мікроорганізмів, які перебували в умовній сплячці. Крім того, недоліком даного методу вважається його висока вартість і необхідність установки спеціального обладнання і найму персоналу високої кваліфікації через вибухонебезпечності газу.

1.15 Активний ультразвук та ультразвук-кавітація

У гідродинаміці давно відоме явище, коли частинки рідини, схильної до динамічних навантажень, розриваються внаслідок великих розтягуючих зусиль, точніше кажучи, між частинками рідини утворюються мікроскопічного розміру порожнини. Ці порожнини в період стискування згортаються. Для розриву частинок необхідно здолати зв'язуючі молекули сили когезії. Для розриву рідини, вільної від домішок і газових бульбашок, потрібний розривний тиск в декілька атмосфер. Процес згортання звільняє у багато разів великі зусилля. Надалі ми побачимо, що в цьому випадку може виникнути декілька тисяч атмосфер, які наступний процес кавітації викликає в околиці у вигляді ланцюгової реакції. Стає зрозумілою виключно руйнівна дія кавітації.

На практиці особлива увага приділялася вивченню кавітації в процесі обертання гвинтів, лопатей турбін, а також дослідженню її руйнівної дії (корродуючого і руйнівного колеса обертання). На рисунку 1.7 можна побачити поле кавітації навколо ходового гвинта. Порожнини кавітацій утворюються по периметру лопатей і видні приблизно протягом повного періоду.

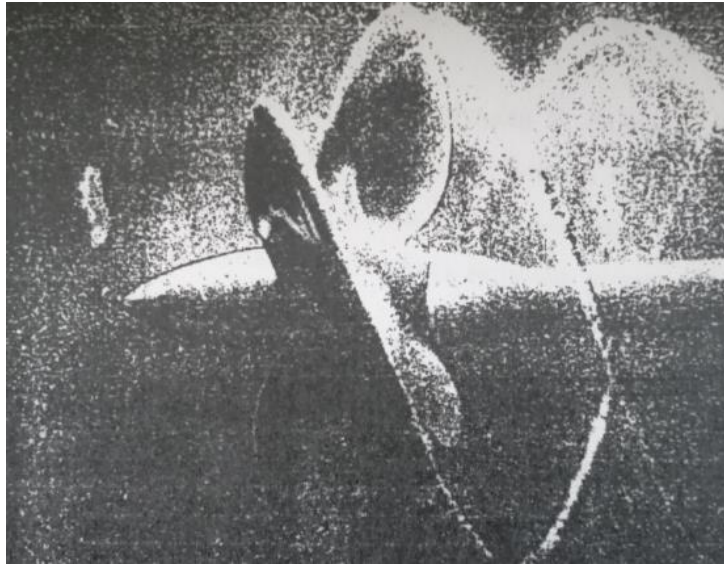


Рисунок 1.7 – поле кавітації навколо ходового гвинта

В ультразвуковому полі, досягши певних значень змінного стискуючого розриваючого тиску, також виникає кавітація. Її поява може бути виявлена по виникненню специфічного звуку. При підвищенні інтенсивності кавітацій виникає несподівано по досягненню певної межі. Ця межа великою мірою залежить від частоти і фізичних властивостей рідини. На межі рідина – тверде тіло або рідина – газове середовище кавітація виникає завжди при меншій інтенсивності, чим в однорідній рідині. Причина полягає в тому, що сили адгезії завжди менше сил когезії, а на межі двох середовищ ультразвук повинен здолати тільки сили адгезії.

Багато рідин досліджували на предмет виникнення кавітації і її порогового значення. В одних рідинах вже невелика інтенсивність викликає кавітацію, в інших вимагаються значно вище інтенсивності. У таблиці по Бриггс, Джонсон і Мейсон (1947) приведені в'язкість, акустична твердість і порогове значення кавітації. Інтенсивності були розраховані нами. Дослідження виконувалися ультразвуком частотою 25 кГц. Відповідно до таблиці найменший поріг кавітації складає приблизно 1 Вт/см^2 в рідинах з найменшою в'язкістю, в той же час в рідинах з найбільшим внутрішнім тертям при 5 Вт/см^2 кавітація ще не виникає.

Граничну частоту кавітації досліджували Р.Єшше (1952), Т. Ланге (1952), Дж. В. Виллард (1953), а також Дирнер, Бейер і Лукаш (1954) (див. табл. 1.4). Виміри, виконані в діапазоні частот 1 Гц – 3 МГц, дали в основному результати, які приведені на рисунку 1.8. Розкид результатів включає рідини різних фізичних властивостей і стану.

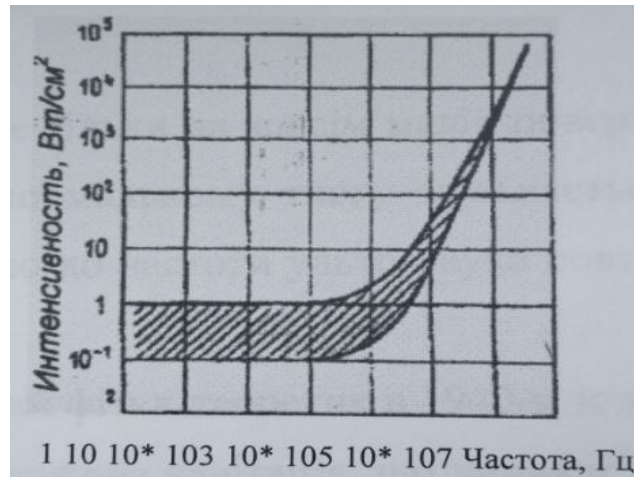


Рисунок 1.8 – Залежність від частоти порогу кавітації за даними вимірів різних авторів

Таблиця 1.4 – Граничні значення кавітації в різних рідинах по Бриггс, Джонсон і Мецсон

Рідина	В'язкість, Пуаз	Акустична твердість, см ³	Змінний тиск, атм	Інтенсивність, Вт/см ²
Рецинове масло	6,3	1,43	3,9	5,3
Маслинова олія	0,84	1,308	3,61	5,0
Кукурудзяне масло	0,64	1,333	3,05	3,5
Соева олія	0,45	1,362	2,45	2,2

Вже Райли займався теоретичним дослідженням явища кавітації. Процес охлопування кулястої газової бульбашки в рідині описав теоретично. Неможливо припустити повне згортання (до радіусу $r=0$), оскільки в цьому випадку слідує висновок про звільнення нескінченно великої енергії. Райли дотепно припустив, що насправді бульбашки з первинним радіусом Γ_0

охлопується в кульку рідини з радіусом r . В цьому випадку значення тиску, що звільняється, складе

$$p = \sqrt{2 \cdot p_0 (r_0^3 / r^1 - 1) / 3 \cdot \beta}, \quad (1.1)$$

де p_0 – початковий гідростатичний тиск, кгс/м², а β – стисливість рідини. Для води $\beta = 5 \cdot 10^{-5}$ атм, при $p_0 = 1$ атм.

Це величезний тиск діє тільки на зовсім малій поверхні, проте виникає дуже швидко (у воді при нормальному тиску звільняється приблизно за 5 мкс). В той же час відповідно до частоти ультразвуку повторюється у разів в секунду.

И. Френкель радянський фізик-теоретик в 1940-м істотно розвинув теорію Райли. По йому ультразвукова кавітація, що виникає в результаті швидкої зміни тиску, істотно відрізняється від гідродинамічної кавітації. При останній внутрішні порожнини мають форму кулі. А при ультразвуку – еліпсоїда. На поверхні еліпсоїда, тертя що виникають в результаті електричні заряди не можуть розподілятися в сферичній симетрії. Отже, коли порожнина охлопується і поступово набуває форми кулі, зовнішні сили працюють проти дуже сильного електричного поля. Теорія Френкеля пояснює разом з великими тисками і явище люмінесценції, яке може бути результатом розряду згаданих великих електричних зарядів. Винонане пізніше візуальне вивчення бульбашок кавітацій не підтвердило існування еліпсоїдних порожнин.

Виходячи з адіабатичного характеру процесу Гут (1956) дав оцінку зміни температури. При приведених раніше значеннях, порядок температури що звільняється – 10000 °С. Час процесу, вчислений по диференціальних рівняннях, значно менше (0.01...0.1) мкс, ніж по теорії Варлея. По Гуту лавиноподібне зростання тиску відбувається за такий же час.

При виникненні кавітації велику роль грають бульбашки газів і дрібні домішки в рідині. Ці частинки є центрами утворення кавітації. У ідеально

чистій рідині, що знегажена, не вдалося викликати кавітації навіть ультразвуком великої інтенсивності. Виготовити таку рідину, проте дуже важко. Багатократне кип'ячіння, відстій, витримка при пониженому тиску недостатні для видалення усіх слідів газів. Повністю видалити гази можна тільки за допомогою ультразвука. Під дією інтенсивного випромінювання залишкові сліди газів зникають, і наступні опромінення здатні викликати все менше кавітації.

У літературі питання про наявність в рідині слідів газів доки не повністю з'ясований. Говорять про "істину" і "помилкову" кавітацію. Перша може бути мати місце в рідині, що ідеально знегазила, в якій невидимі газові бульбашки не допомагають розриву молекул рідини. Відповідно до вищезгаданого результату Мюллера і Вилларда (1948) кавітацію не вдалося отримати і при інтенсивності 5000 Вт/см^2 . Пізніше в 1952 і 1953 Виллард сфотографував процес кавітації і виявив, що при малих частотах і в дегазованій воді виникає кавітація. Р. Єшше ґрунтовно досліджуючи проблему, вважає що у разі дійсної кавітації також існують бульбашки мікроскопічного розміру, необхідні для початку процесу, проте вони містять насичені водяні пари. Бульбашки помилкової кавітації в більшості містять газ. Нам здається, що навіть зважаючи на думку Єшше питання не можна вважати вирішеним.

Відомі два способи дослідження виникнення кавітації. Перший полягає у фотографування кавітації і її побічних явищ (дюмініспенції), другий – реєстрація звуку кавітації гідрофоном (підводним мікрофоном). Перший спосіб використовували Виллард і інші. Новітні дослідження Майєру і Кутруффа (1959) освітили мікроскопічну сторону процесу кавітації. Для дослідження використовували магнітострикційний випромінювач частотою $2,5 \text{ кГц}$. Амплітуда коливань голівки випромінювача склала $0,3 \text{ мм}$.

Як середовище використовувався гліколь, що має сильну люмінесценцію. Дослідження, між іншим підтвердили існування бульбашок

кавітацій тільки протягом напівперіоду, бульбашки повністю зникають під час напівперіоду тиску.

На рисунку 1.9 видно напівперіод рідридження. Остання фотографія у фазі 360° не показує ніяких слідів кавітації і в усьому другому напівперіоді та ж картина. Майєр і Кутруфф дають також численні залежності. На рисунку 1.9 а представлена кількість бульбашок кавітацій, а на рисунку 1.9 б середній діаметр бульбашок залежно від фазного кута.

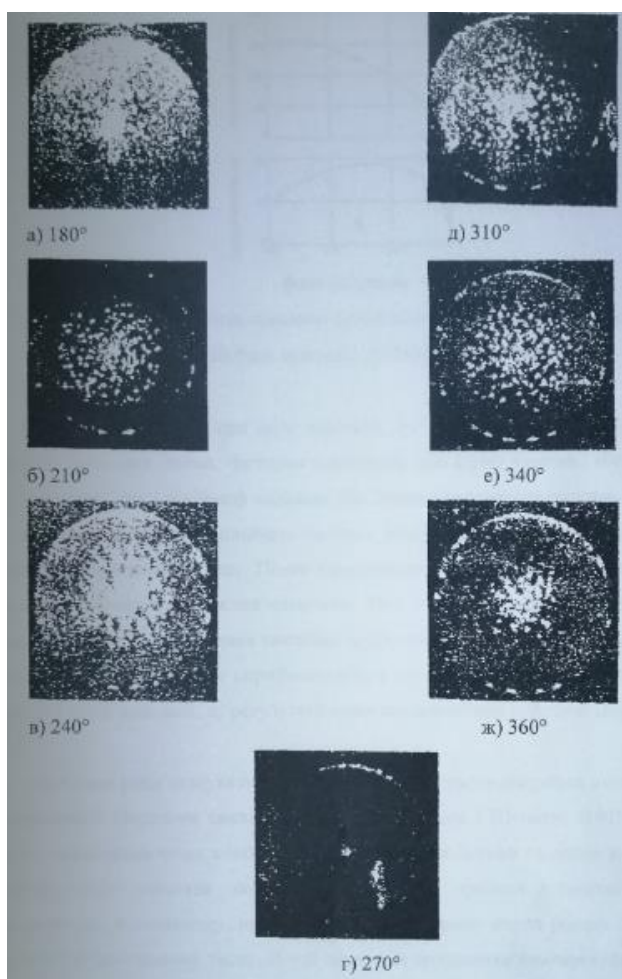
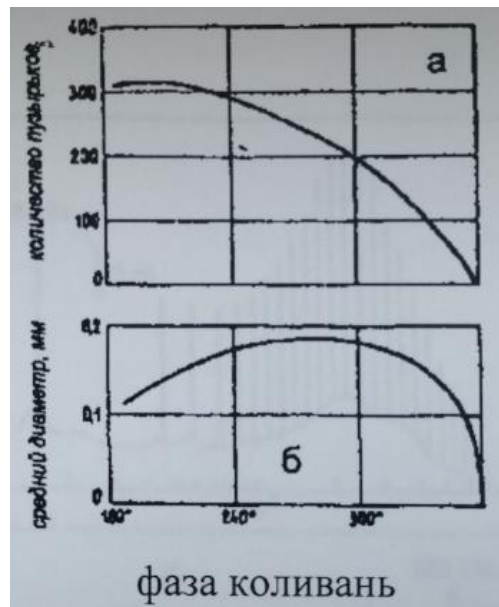


Рисунок 1.9 – Миттєві знімки бульбашок кавітацій при різних фазах коливання. 180° – 360° через 30° . (Майєр і Кутруфф)

Необхідно згадати і про шум кавітації. Як вказувалося вище, ці дослідження проводив Єшше. Частотна характеристика шуму кавітації містить як безперервну, так і лінійчату складові. По Єшше безперервна

частина вказує на дійсну кавітацію. Лінійчаста частина вказує на коливання газових бульбашок резонансного типу. Поява гармонійних низьких частот може пояснюватися наявністю пружних елементів. При збільшенні збуджуючої частоти, частотна характеристика постійно зрушується вгору, і можна уявити, що за деяких умов вона не сприйматиметься на слух. Є ще таким чином визначав і поріг кавітації. Ці результати нами враховані при побудові рисунку 1.10.

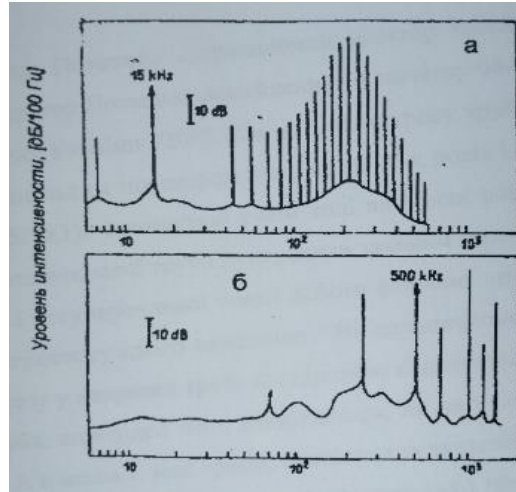


а – кавітацій і їх середнього діаметру; б – фази коливань (Шайер і Кутруфф)

Рисунок 1.10 – Залежність кількості бульбашок

Ми кілька разів вказували на те, що кавітація супроводжується явищем люмінесценції. Першими виявили це явище Френцель і Шультес (1935). У темряві відпочилим оком, особливо в гліцерині, нітробензолі і в добре видно синьо-фіолетове свічення по шляху звукового променя. Інтенсивність люмінесценції, в основному пропорційна внутрішньому тиску рідини і в молекулярному дипольному тиску. В той же час, із зростанням температури інтенсивність люмінесценції падає, повністю зникаючи при температурі

вище 40 °С. Люмінесценція виникає тільки за наявності в рідині розчиненого газу. На рисунку 1.11 представлена частотна залежність шуму кавітації.



а – збудження 15 кГц; б – збудження 500 кГц (Єшше)

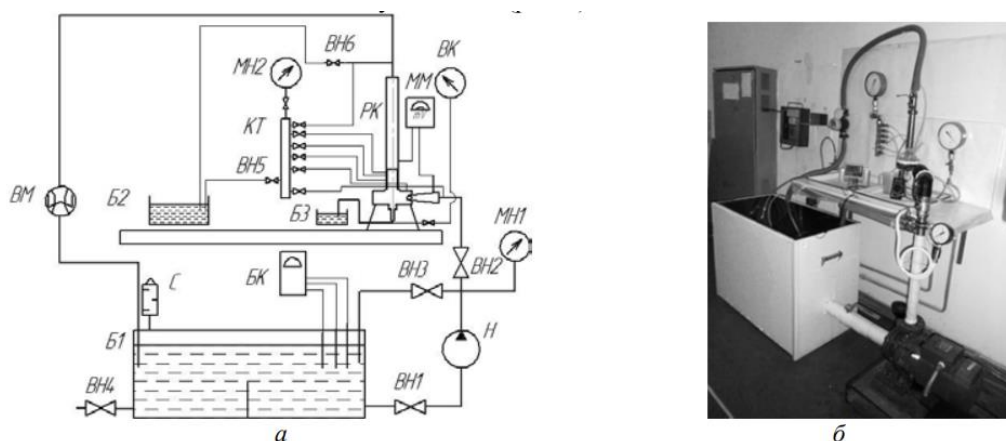
Рисунок 1.11 – Частотна залежність шуму кавітації

Пізніше багато дослідників займалися цим питанням, цікавим в основному теоретично. Народилося багато незвичайних, часто суперечливих, приватних результатів. Можна припустити, що ” сонолюмінесценція” пов’язана з кавітацією, але не є обов’язковим її слідством. Оптична частотна характеристика залежить від виду газу, наявного в рідині. Деякі гази перешкоджають виникненню люмінесценції. (водень і вуглекислий газ), хоча кавітація незмінно виникає. При додаванні деяких матеріалів (наприклад люмінолу) інтенсивність люмінесценції багаторазово зростає, так що легко може бути сфотографована. Застосування люмінолу дозволяє здійснити також оптичне спостереження за звуковим полем.

2 МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ

2.1 Вплив гідродинамічної кавітації

З метою реалізації досліджень впливу гідродинамічної кавітації на окислювально-відновні процеси в рідині використана дослідна установка (див. рис.2.1).



а – схема; б – зовнішній вигляд

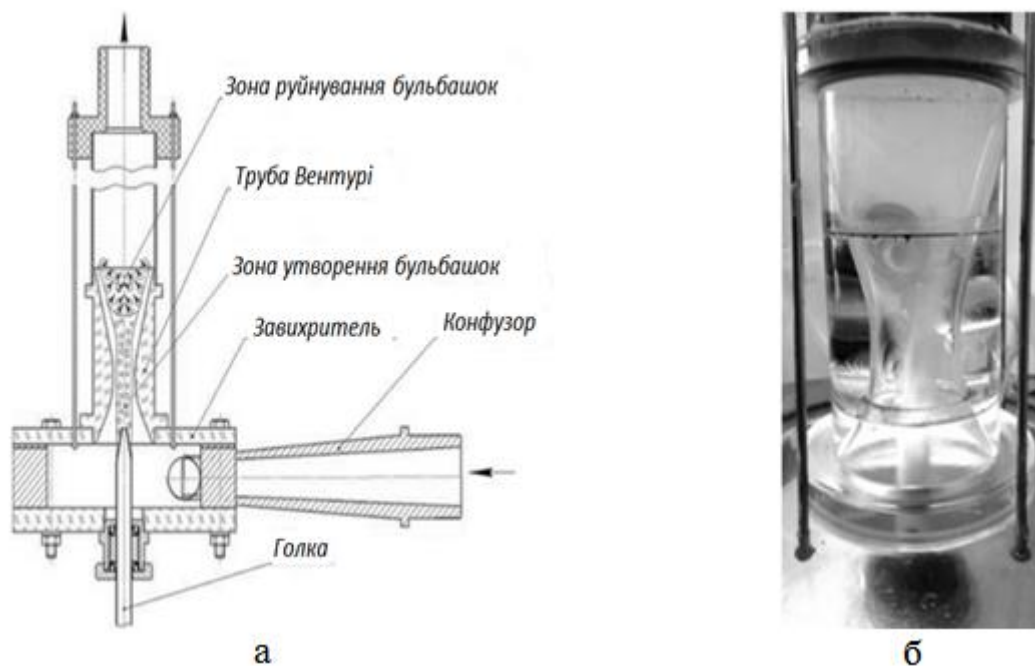
Рисунок 2.1 – Дослідна установка

До складу основних елементів установки входять: бак з водою Б1; кавітаційний реактор вихрового типу РК; ємність контролю якості рідини Б2; ємність рідинного реагенту Б3; насосна установка Н з запірною арматурою ВН1 - ВН6 і трубопроводами.

Система вимірювання та контролю складається з: манометра МН1 класу точності 2,5 для визначення надлишкового тиску на виході з насоса; зразкового манометра МН2 для вимірювання надлишкового тиску в контрольних точках реактора; колектора КТ для підключення манометра МН2 до контрольованих точках і компенсації флуктуацій тиску в приладах; вакуумметра ВК для визначення від'ємного тиску в активній зоні реактора; блоку контролю якості рідини БК; витратоміра ВМ для визначення

середнього витрати рідини при циркуляції; мультиметра типу DT-838 для контролю різниці потенціалів на вході - виході реактора. З метою визначення електрохімічних характеристик води в блоці контролю використовується монітор якості води РНТ-027 (РН-метр, кондуктометр, ОВП-метр, термометр) з набором відповідних електродів. Насосна установка представлена відцентровим насосом Н типу F40/160А «PEDROLLO» з номінальним напором на виході $H = 30$ м і подачею $Q = 500$ л/хв.

Основним вузлом установки є кавітаційний реактор вихрового типу, представлений на рисунку 2.2. Принцип дії реактора полягає в створенні турбулентного кавітуючого потоку рідини за рахунок зміни його гідродинамічних характеристик.



а – схема; б – зовнішній вигляд активної зони в роботі

Рисунок 2.2 – Кавітаційний реактор вихрового типу:

Представлена конструкція реактора дозволяє:

- прискорити потік та гідродинамічно зменшити величину статичного тиску в конфузорі;

- зменшити тиск в осьовій зоні завихрення за рахунок відцентрових сил;
- сконцентрувати зону зниженого тиску в області осі обертання потоку;
- обмежити зону колапсу уздовж осі зустрічними вторинними потоками в трубці Вентурі;
- зорієнтувати напрямки кумулятивних струменів в момент колапсу бульбашок в область низького тиску, тобто від стінок реактора до осі;
- ввести в кавітаційну зону реактора додатково рідкий або газоподібний реагент через голку і дозатор;
- організувати режим саморегулювання витрати за рахунок кавітації обмеження живого перетину потоку.

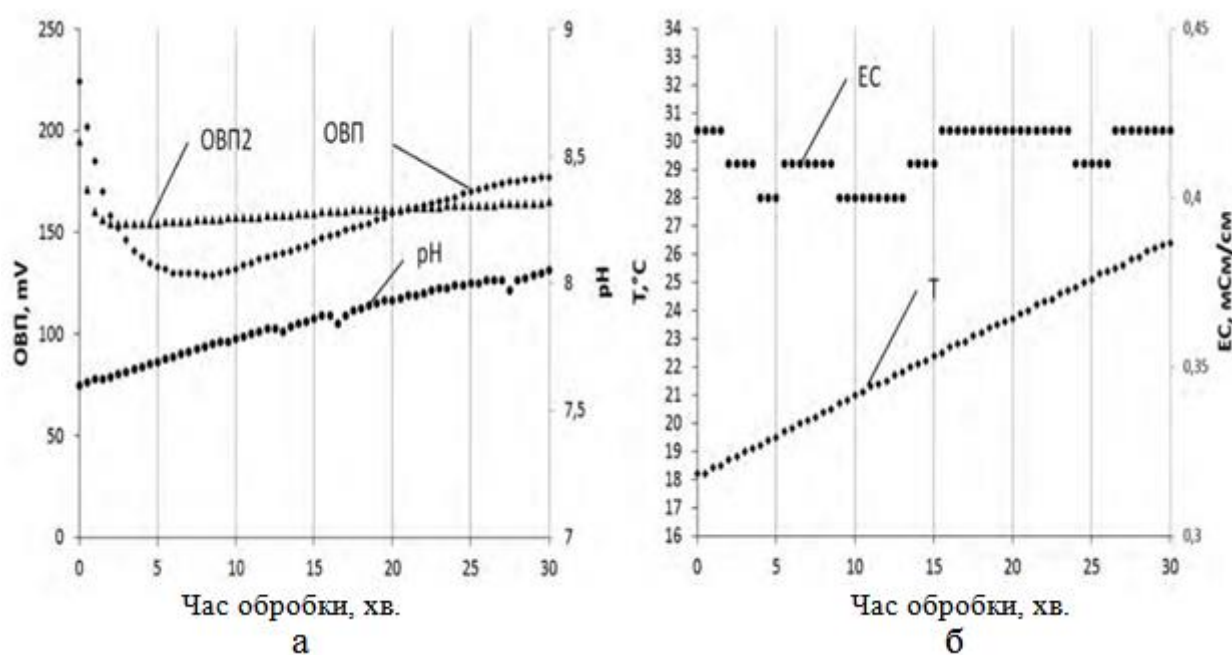
Як предмет дослідження використовувалася відфільтрована 25 мкм водопровідна вода м. Черкаси, як свіжо набрана так і попередньо відстояна. тривалість попереднього відстоювання варіювалася від 24 до 72 годин. В ході експериментів вода прокачувалася через реактор в режимі циркуляції, змішуючись в баку. Таким чином, з кожним циклом процентне співвідношення обробленої води по відношенню до необробленої зростала. Процес обробки супроводжувався характерним для кавітації шумом, високочастотними вібраціями і візуальними спостереженнями кавітаційної області (див. рис. 2.2 б). Гідродинамічні характеристики установки:

- тиск на вході в реактор: 0,378 МПа;
- тиск на виході з реактора: 0,088 МПа;
- перепад тиску в реакторі: 0,29 МПа;
- витрата води при 20 °С: 0,0011 м³/с (64 л/хв);
- надмірне статичний тиск в зоні формуванні бульбашок: - 0,094 МПа, (7,24 кПа - абсолютне значення);
- надмірне статичний тиск в зоні руйнування бульбашок: 0...0,034 МПа;
- максимальний радіальний градієнт тиску в трубці Вентурі: 51 кПа/мм;

- обсяг води в баку: 100 ± 1 л.

Тривалість експерименту в кожній серії становила 1,5 години, з яких 30 хвилин відводилося на кавітаційну обробку і 60 хвилин на подальше відстоювання. Контроль рН, ОВП, електропровідності, температури, різниці потенціалів в реакторі ΔU проводився періодично через 30 секунд під час обробки. Значення рН, ОВП, електропровідності і температури вимірювалося за допомогою монітора якості води РНТ-027 безпосередньо в баку після попереднього калібрування з використанням спеціальних розчинів (рН 7; ОВП 240 мВ; ЕС 1450 мкСм/см). Установка включалася в роботу після стабілізації показань всіх вимірювальних приладів. На рисунку 2.3, наведені результати вимірювань ОВП і рН під час обробки води відфільтрованої і попередньо відстояною протягом 24 годин. Як видно з діаграми, окислительно-восстановительный потенціал води інтенсивно знижувався протягом 7 хвилин обробки з рівня 200 мВ до 77 мВ, після чого поступово відновлювався незалежно від роботи реактора. Кислотно лужний баланс поступово підвищувався від 7,6 до 8,06 під час роботи реактора і практично не змінювався після зупинки.

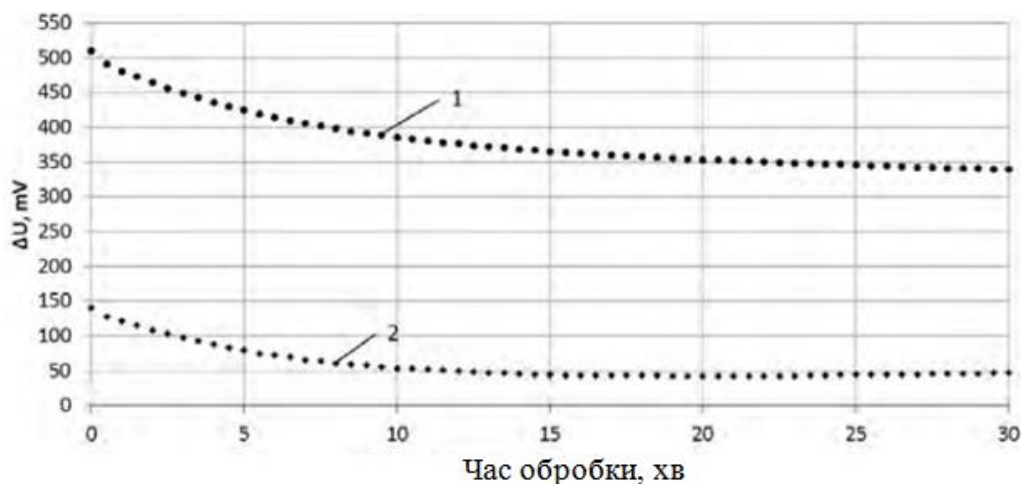
Повторна обробка води до істотних змін рН і ОВП не привела. Повторна обробка води після 24 годин перерви знову знижувала ОВП, але в меншому ступені (графік ОВП2, див. рис. 2.3 а). Значення електропровідності води спостерігалось в межах $(0,4 \pm 0,2)$ мСм/см, що відповідає усередненої мінералізації (270...290) ppm. Температура при обробці збільшувалася зі стабільним приростом $0,3$ °С/хв. Інтенсивність охолодження залежить після зупинки залежала від температури навколишнього середовища і термоізоляції обладнання (див. рис. 2.3 б).



а – окисно-відновного потенціалу ОВП, водневого показника рН; б – температури Т, електропровідності ЕС

Рисунок 2.3 – Графіки зміни електрохімічних характеристик води під час кавітаційної обробки

Конструкція завихрителя і трубки Вентурі, виготовлених з органічного скла, дають можливість визначити зміни різниці потенціалів ΔU (мВ) між точками: конфузур - виход реактора, голка – виход реактора (див. рис. 2.4 графіки 1 і 2) під час роботи. Як видно з графіків, вихровий двофазний потік води (див. рис. 2.4 графік 1) має зниження ΔU в середньому з 512 мВ до 350 мВ, тобто 5,67 мВ/хв. При цьому відзначено тенденція до стабілізації. В однофазному потоці води від конфузора до вихідній труби реактора разом з зоною руйнування падіння різниці потенціалів склало в середньому 4,71 мВ/хв і зменшувалася від 141 до 43 мВ. Стабілізація явно виражена в останні 15 хвилин обробки (див. рис. 2.4 графік 2).



1 – конфузозом – вихід реактора; 2 – голка – вихід реактора

Рисунок 2.4 – Графіки зміни різниці потенціалів в контрольних точках реактора

Таким чином, можна припустити, що кавітація активує складні процеси електронного обміну в біохімічних реакціях за умови наявності у воді відповідних реагентів. Очевидно, що в таких реагентів при кавітаційній обробці води головним чином виступають активний кисень, атомарний водень і гідратовані електрони. Гідратовані електрони, в даному випадку, це енергетично активні електрони, які утворилися спільно з атомами водню внаслідок кавітації активації води в присутності молекулярного кисню.

2.2 Кавітаційний теплогенератор

2.2.1 Пристрій і принцип роботи

Принцип дії кавітаційного теплогенератора полягає в ефекті нагрівання за рахунок перетворення механічної енергії в теплову. Тепер більш детально розглянемо саме кавітаційне явище. При створенні надлишкового тиску в рідині виникають завихрення, через те, що тиск рідини більше ніж у міститься в ній газу, молекули газу виділяються в окремі включення –

схлопування бульбашок. За рахунок різниці тиску вода прагнути стиснути газовий міхур, що акумулює на його поверхні велику кількість енергії, а температура всередині досягає близько 1000 - 1200 °.

При переході кавітаційних порожнин в зону нормального тиску бульбашки руйнуються, і енергія від їх руйнування виділяється в навколишній простір. За рахунок чого відбувається виділення теплової енергії, а рідина нагрівається від вихрового потоку. На цьому принципі заснована робота теплових генераторів, далі розгляньте принцип роботи найпростішого варіанту кавітаційного обігрівача.

2.2.2 Найпростіша модель

Подивіться на рисунок 2.5, тут представлено пристрій найпростішого кавітаційного теплогенератора, який полягає в нагнітанні насосом води до місця звуження трубопроводу. При досягненні водяним потоком сопла тиск рідини значно зростає і починається утворення кавітаційних бульбашок. При виході з сопла бульбашки виділяють теплову потужність, а тиск після проходження сопла значно знижується. На практиці може встановлюватися кілька сопел або трубок для підвищення ефективності.

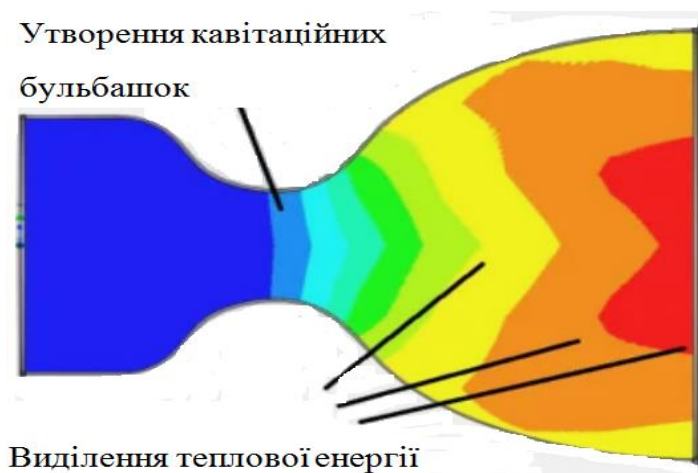


Рисунок 2.5 – Принцип роботи кавітаційного теплогенератора

2.2.3 Ідеальний теплогенератор Потапова

Ідеальним варіантом установки вважається теплогенератор Потапова, який має обертовий диск (1) встановлений навпроти стаціонарного (6). Подача холодної води здійснюється з труби розташованої внизу (4) кавітаційної камери (3), а відведення вже нагрітої з верхньої точки (5) тієї ж камери. Приклад такого пристрою наведено на рисунку 2.6.

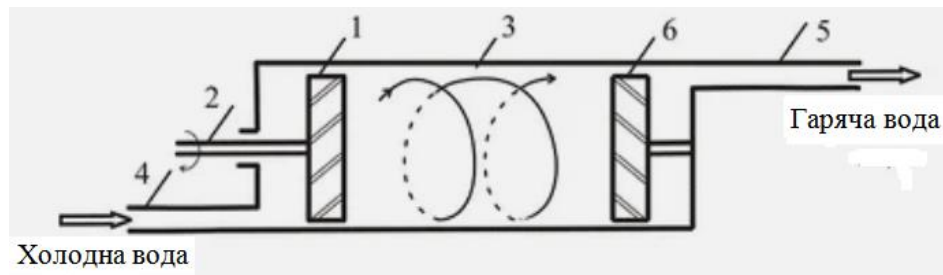


Рисунок 2.6 – Кавітаційний теплогенератор Потапова

Але широкого поширення пристрій не отримало через відсутність практичного обґрунтування його роботи.

2.2.4 Види кавітаційних теплогенераторів

Основне завдання кавітаційного теплогенератора - утворення газових включень, а від їх кількості та інтенсивності буде залежати якість нагріву. У сучасній промисловості існує кілька видів таких теплогенераторів, що відрізняються принципом вироблення бульбашок в рідині. Найбільш поширеними є три види:

Роторні теплогенератори - робочий елемент обертається за рахунок електроприводу і виробляє завихрення рідини;

Трубчасті - змінюють тиск за рахунок системи труб, по яких рухається вода;

Ультразвукові - неоднорідність рідини в таких теплогенераторах створюється за рахунок звукових коливань низької частоти.

Крім перерахованих вище видів існує лазерна кавітація, але промислової реалізації цей метод ще не знайшов. Тепер розглянемо кожен з видів більш детально.

2.2.4.1 Роторний теплогенератор

Складається з електричного двигуна, вал якого з'єднаний з роторним механізмом, призначеним для створення завихрень в рідині. Особливістю роторної конструкції є герметичний статор, в якому і відбувається нагрівання (див. рис. 2.7). Сам статор має циліндричну порожнину всередині - вихреву камеру, в якій відбувається обертання ротора. Ротор кавітаційного теплогенератора є циліндр з набором заглиблень на поверхні, при обертанні циліндра всередині статора ці поглиблення створюють неоднорідність у воді і зумовлюють протікання кавітаційних процесів.

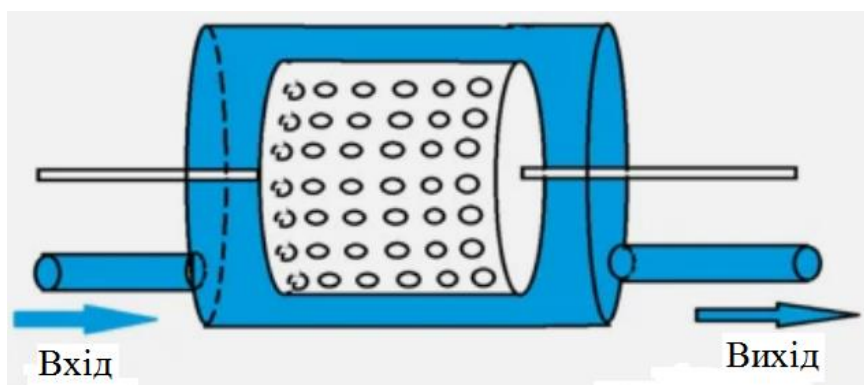


Рисунок 2.7 – Конструкція генератора роторного типу

Кількість поглиблень і їх геометричні параметри визначаються в залежності від моделі вихрового теплогенератора. Для оптимальних параметрів нагріву відстань між ротором і статором складає близько 1,5 мм. Дана конструкція є не єдиною в своєму роді, за довгу історію модернізацій і поліпшень робочий елемент роторного типу зазнав масу перетворень.

Однією перших ефективних моделей кавітаційних перетворювачів був генератор Гріггса, в якому використовувався дисковий ротор з некрізними отворами на поверхні. Один із сучасних аналогів дискових кавітаційних теплогенераторів наведено на рисунку 2.8.

Незважаючи на простоту конструкції, агрегати роторного типу досить складні в застосуванні, так як вимагають точного калібрування, надійних ущільнень і дотримання геометричних параметрів в процесі роботи, що зумовлює труднощі їх експлуатації. Такі кавітаційні теплогенератори характеризуються досить низьким терміном служби 2 – 4 роки через кавітаційної ерозії корпусу і деталей. Крім цього вони створюють досить велику шумове навантаження при роботі обертового елемента. До переваг такої моделі відноситься висока продуктивність - на 25 % вище, ніж у класичних нагрівачів.

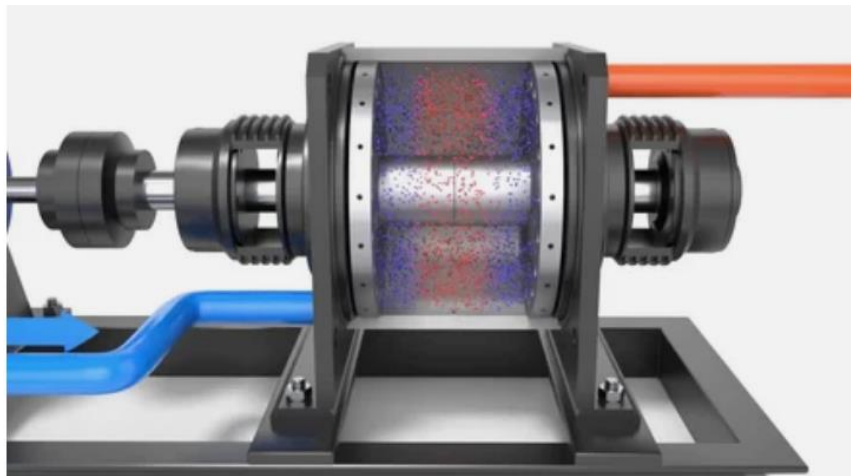


Рис. 2.8 – Дисковий теплогенератор

2.2.4.2 Трубчасті

Статичний теплогенератор не має обертових елементів. Нагрівальний процес в них відбувається за рахунок руху води по трубах, звужується по довжині або за рахунок установки сопел Лавалю. Подача води на робочий орган здійснюється гідродинамічним насосом, який створює механічне

зусилля рідини в сужаючому просторі, а при її переході в більш широку порожнину виникають кавітаційні завихрення.

На відміну від попередньої моделі трубчасте опалювальне обладнання не виробляє великого шуму і не зношується так швидко. При установці і експлуатації не потрібно піклуватися про точну балансування, а при руйнуванні нагрівальних елементів їх заміна та ремонт обійдуться значно дешевше, ніж у роторних моделей. До недоліків трубчастих теплогенераторів відносять значно меншу продуктивність і громіздкі габарити.

2.2.4.3 Ультразвукові

Даний тип пристрою має камеру-резонатор, налаштовану на певну частоту звукових коливань. На її вході встановлюється кварцова пластина, яка виробляє коливання при подачі електричних сигналів. Вібрація пластини створює хвильовий ефект всередині рідини, який досягаючи стінок камери-резонатора і відбивається. При зворотному русі хвилі зустрічаються з прямими коливаннями і створюють гідродинамічну кавітацію (див. рис. 2.9).

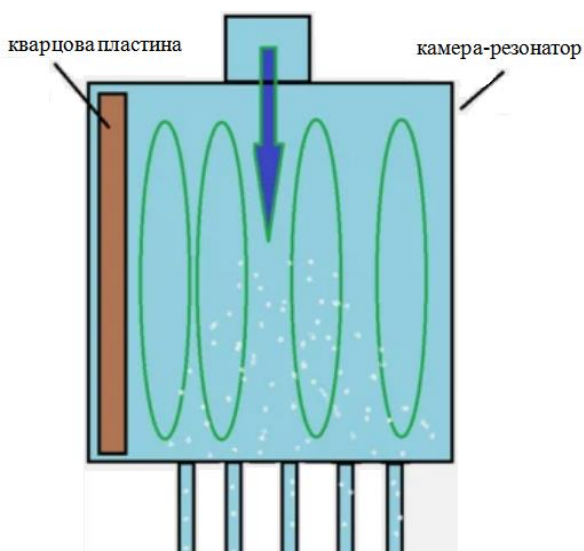


Рисунок 2.9 – Принцип роботи ультразвукового теплогенератора

Далі бульбашки несуться водним потоком по вузьких вхідних патрубках теплової установки. При переході в широку область бульбашки руйнуються, виділяючи теплову енергію. Ультразвукові кавітаційні генератори також володіють хорошими експлуатаційними показниками, так як не мають обертових елементів.

2.2.5. Переваги та недоліки

У порівнянні з іншими теплогенераторами, кавітаційні агрегати відрізняються рядом переваг і недоліків.

Переваги до таких пристроїв слід віднести:

- куди більш ефективний механізм отримання теплової енергії;
- витрачає значно менше ресурсів, ніж паливні генератори;
- може застосовуватися для обігріву як малопотужних, так і великих споживачів;
- повністю екологічний - не виділяє в навколишнє середовище шкідливих речовин під час роботи.

До недоліків кавітаційних теплогенераторів слід віднести:

- порівняно великі габарити - електричні і паливні моделі мають куди менші розміри, що важливо при установці в уже експлуатується приміщенні;
- велика гучність за рахунок роботи водяного насоса і самого кавітаційного елемента, що ускладнює його установку в побутових приміщеннях;
- неефективне співвідношення потужності і продуктивності для приміщень з малою квадратурою (до 60 м² вигідніше використовувати установку на газу, рідкому паливі або еквівалентної електричної потужності з нагрівальним тенем).

2.2.6 Застосування

У промисловості кавітаційні теплогенератори знайшли реалізацію в самих різних сферах діяльності. Залежно від поставлених завдань вони застосовуються для:

Опалення - всередині установок відбувається перетворення механічної енергії в теплову, завдяки чому нагріта рідина рухається по системі опалення.

Нагрівання проточної води - кавітаційна установка здатна швидко нагрівати рідину, за рахунок чого може легко замінювати газову або електричну колонку.

Змішання рідких речовин - за рахунок розрідження в шарах з отриманням дрібних порожнин такі агрегати дозволяють домогтися належної якості перемішування рідин, які природним чином не поєднуються з-за різної щільності.

2.3. Гідродарний-кавітаційний апарат

Гідромеханічні процеси впливу на різні системи лежать в основі багатьох технологій і виробництв самих різних галузей промисловості: хімічної, нафтохімічної, вугледобувної, гірничо-рудної, мікробіологічної, харчової, фармацевтичної, парфумерної, лакофарбової, машинобудівної та багатьох інших. Основну частку серед них займають процеси переробки систем «рідина - рідина» і «рідина - тверде тіло». Гідромеханічне вплив найбільш ефективно здійснюється в апаратах з періодичним перериванням потоку оброблюваної середовища, які можна розділити на кілька видів. У статичних апаратах переривання потоку здійснюється за рахунок конструктивних особливостей. У динамічних гідродарно-кавітаційних апаратах (ГКА) переривання потоку відбувається через обертання ротора, розміщеного

коаксіально статора. Конструктивно в робочих поверхнях ротора і статора такого апарату виконані щілини для протікання оброблюваної середовища.

Одним з основних чинників ефективної роботи ГКА є форма поперечного перерізу цих щілин, характер їх руху і зазор між статором і ротором.

В даний час широке поширення ГКА в промисловому застосуванні знайшли в основному в гірничодобувній галузі для приготування робочих середовищ для механізованих гідрокріплень. Подібні пристрої успішно застосовуються на машинобудівних заводах для приготування мастильно-охолоджуючих рідин і на заводах, які виробляють синтетичні миючі засоби, на стадії підготовки їх композиції. В інших галузях промисловості практичне впровадження ГКА дуже стримується. Основна проблема в створенні та впровадженні ГКА для розширення області його промислової експлуатації полягає у відсутності єдиної термінології даних апаратів, уніфікованого ряду їх типорозмірів, науково обґрунтованих методів розрахунку основних технічних і технологічних параметрів і самих процесів обробки різних матеріалів при використанні ГКА, а також у відсутності конкретного виробничого досвіду.

У той же час застосування ГКА дає суттєвий економічний ефект завдяки значній інтенсифікації гідромеханічних процесів за рахунок досягнення кавітаційного режиму течії оброблюваної середовища, переведення на безперервний режим експлуатації, зниження енерго- і матеріалоємності, зменшення виробничих площ, скорочення втрат. ГКА з ефективністю може використовуватися в різних гідромеханічних, хімічних, тепломасообмінних процесах. Апарат надає багатофакторне імпульсний вплив на оброблюваний матеріал для отримання стабільних, високодисперсних емульсій і суспензій, інтенсифікації процесів розчинення і екстрагування речовин, зміни фізико-хімічних властивостей, деструкції молекулярних сполук. Висока ступінь впливу на оброблювану середу пояснюється розвиненою інтенсивної

акустичної імпульсної кавітацією, великими зсувними напруженнями, гідравлічними ударами та іншими механічними діями.

Розроблені до теперішнього часу методи розрахунку геометричних, гідромеханічних, гідроударних, гідравлічних і кавітаційних параметрів ГКА ґрунтуються або на теорії гідравлічного удару, або на застосуванні нестационарного рівняння Бернуллі без урахування в ньому нестационарності і відцентрових сил інерції. При цьому абсолютно не враховуються скрутність руху частинок дисперсної фази в гідромеханічних пристрої, їх взаємодія і взаємовплив, а також деякі характерні особливості перебігу робочого середовища.

ГКА застосовується для обробки систем «рідина-рідина», «рідина-тверде тіло» і «газ-рідина» за рахунок механічного впливу на частинки оброблюваної середовища, що полягає в ударних, срезиваючих і истираючих навантаженнях при контактах з робочими парами статор-ротор і гідродинамічного впливу, що виражається у великих зсувних напругах в рідині, пульсаціях тиску і швидкості потоку середовища, а також гідроакустичного впливу на оброблювану середу, що здійснюється за рахунок дрібномасштабних пульсацій тиску, інтенсивної кавітації, ударних хвиль і нелінійних акустичних ефектів. В апараті відбувається перетворення енергії низької концентрації в енергію високої локальної концентрації в нестійких точках структури речовини. Просторова і тимчасова концентрація енергії дозволяє отримати велику потужність імпульсного енергетичного впливу, зробити енергетичну накачування, вивільнити внутрішню енергію речовини, ініціювати численні квантові, каталітичні, ланцюгові, мимовільні, лавиноподібні і інші енергонасичені процеси.

Розроблений ГКА (див. рис. 2.10) містить вхідний патрубок 1 і вихідний патрубок 2, корпус 3, всередині якого встановлені ротори 4, 5, 6, 7 і статори 8, 9, 10, 11, торцеві кришки 12, вал 13. Ротори і статори є робочі пари статор-ротор зі щілинами в бічних стінках і робочими камерами 14.

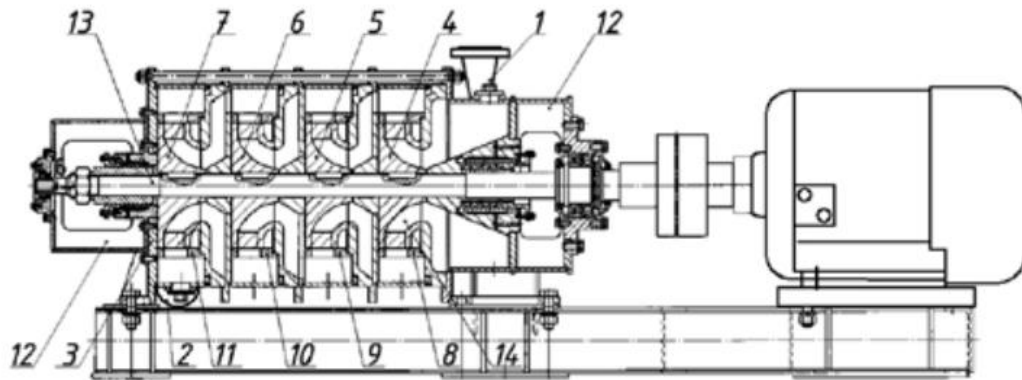


Рисунок 2.10 – Гідроударний-кавітаційний апарат

Попередньо підготовлений матеріал з подрібненими частками через вхідний патрубок 1 надходить в ГКА 2. У процесі функціонування обробляється суміш, яка перебуває в робочій камері 14, розганяється в напрямку щілин ротора 4, 5, 6, 7. У момент перекриття кільцем статора 8, 9, 10, 11 щілин ротора швидкість руху потоку різко знижується і переривається, відбувається гідравлічний удар, що стискають зусилля через рідину передаються на частинки твердих речовин, деформуючи їх. При суміщенні щілин ротора і статора навантаження з частки знімається і вона відчуває деформацію розтягування. При виході з щілини ротора в щілину статора матеріал потрапляє в поле кавітаційних імпульсів, утворених розширенням щілини в робочій камері. Під впливом схлопуючихся бульбашок середовища руйнована частка отримує додаткове руйнування від знакозмінних навантажень. Велика сумарна поверхня кавітаційних бульбашок забезпечує інтенсивний дифузний обмін між рідкою і газовою фазами, в результаті чого відбувається прискорення активують реакцій.

Послідовно розташовані і односпрямовані на осьовому валу 13 ступені пристрою при русі потоку створюють приріст тиску і імпульсних частот, близьких до ультразвуку, від вхідного патрубка 1 до вихідного 2. Це дозволяє отримати на виході кожної з наступних ступенів вищий ступінь змішування, активації і гомогенізації оброблюваного матеріалу. При переході потоку з одного ступеня в іншу кратно підвищується тиск, що сприяє збільшенню

частоти гідрокавітаційних імпульсів. Зміна частоти визначається конструкцією робочих пар, формою і кількістю щілин статора і ротора. Збільшення імпульсної частоти сприяє мілкодисперсному подрібненню твердих частинок в безперервному потоці. Дисперсність частинок збільшується від щабля до щабля відповідно до збільшення резонансної частоти подрібнення.

Процес руху оброблюваного матеріалу в ступені з робочою парою статор-ротор функціонуючого ГКА показаний на рисунку 2.11. Загальна схема робочої пари статор-ротор ГКА представлена на рисунку 2.12.

Оброблюване середовище надходить під тиском у патрубок 4 і конфузур 10 в порожнину ротора 7, потрапляє на відбивач 11. Потім через щілини 8 ротора 7 і щілини 6 статора 5 проходять в робочу камеру 9 і виводяться з апарату через патрубок 3. Оброблювана среда, проходячи конфузур, значно збільшує швидкість витікання і, потрапляючи на відбивач, утворює кавітаційну порожнину. У порожнині ротора середовищу додатковому акустичному впливу при виникненні інтенсивної кавітації. В апараті також генеруються гідроакустичні коливання, викликані періодично перекриваються щілинами ротора і статора. Частота цих коливань залежить від кутової частоти обертання ротора і числа щілин в роторі і статорі.

Кілька робочих пар статор-ротор розробленого ГКА представлені на рисунку 2.13. Процес установки статора і робочої пари на консоль одного із ступенів апарату представлений на рисунку 2.14.

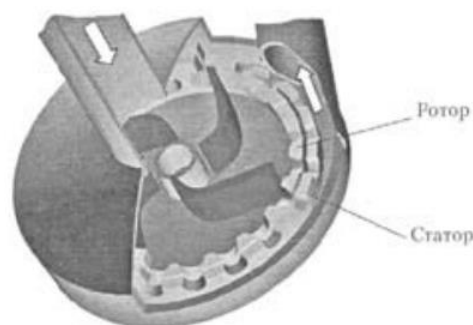
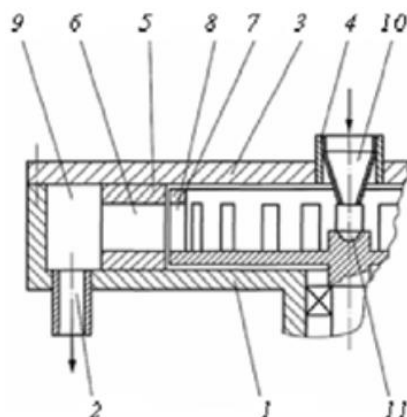


Рисунок 2.11 – Схема руху оброблюваного матеріалу в ступені



1 – корпус; 2 – вихідний патрубок; 3 – кришка; 4 – вихідний патрубок;
5 – статор; 6 – щілини в бічних стінках; 7 – ротор зі щілинами в бічних
стінках; 8 – щілини ротора; 9 – робоча камера; 10 – конфузозом; 11 – відбивач

Рисунок 2.12 – Схема робочої пари:

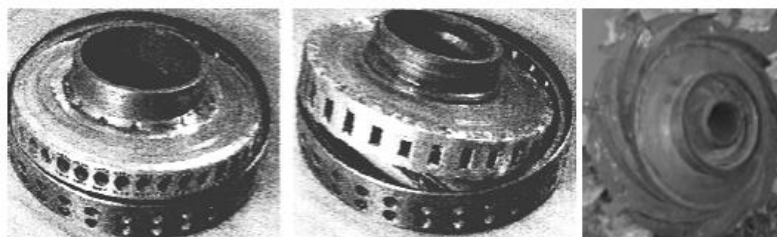


Рисунок 2.13 – Робочі пари ГКА

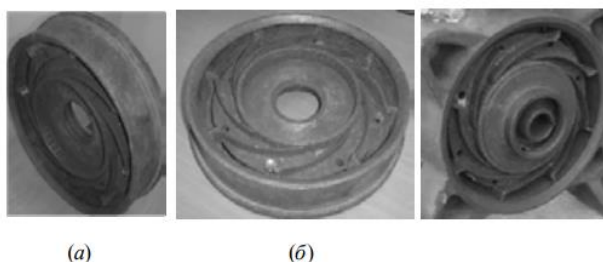
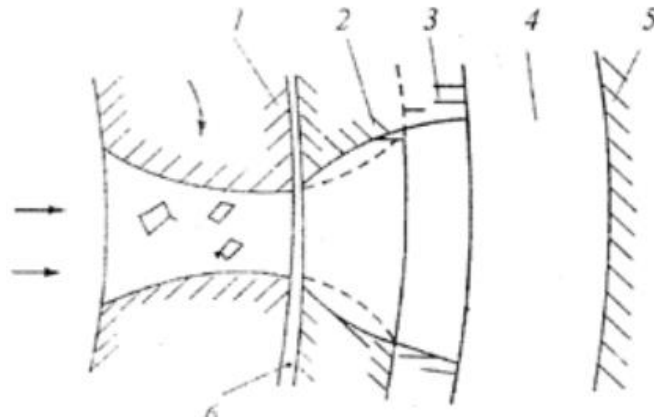


Рисунок 2.14 – Установка статора (а) і робочої пари (б) на консоль ступені

Процеси, що відбуваються в щілини ротора і статора робочої пари, схематично показані на рисунку 2.15.



1 – ротор з резонатором; 2 – статор; 3 – зміцнюючі кільце; 4 – робоча камера; 5 – корпус; 6 – зазор між ротором і статором

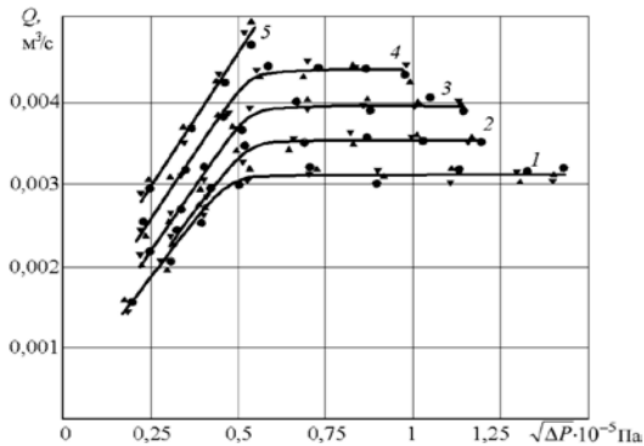
Рисунок 2.15 – Розріз щілини ротора і статора

Завдяки обертанню ротора 1 опрацьований матеріал направляється лопатями до зовнішнього діаметра робочої камери 4. В момент перекриття щілини ротора корпусом статора 2 відбувається гідроудар. При збігу щілин ротора і статора матеріал надходить в ці щілини і зазор 6. Форма щілини статора сприяє різкому розширенню потоку і появи кавітаційних бульбашок, що руйнують частинки і деструктивно впливають на матеріал.

Особливий вплив на робочі характеристики апарату надає зазор між ротором і статором в робочій ступені. Частка відцентрового тиску в зазорі тим більше, чим більше величина самого зазору. Зміна величини зазору значно впливає на величину об'ємної витрати, тобто зі збільшенням зазору для виникнення ефекту кавітації необхідні великі витрати оброблюваної середовища. Зростання зазору скорочує межі кавітаційного режиму роботи. Зазор між ротором і статором ступені лежить в межах (0,1...0,5) мм. При обертанні ротора зазор змінюється на величину ($\pm 2...5$) % від його середнього значення, що досить для здійснення ефективного режиму роботи, необхідного для інтенсифікації проведених технологічних процесів. При виході із зазору в робочу камеру ротора оброблюване середовище різко

втрачає швидкість, а при вході в щілини ротора швидкість різко зростає, що призводить до додаткової турбулізації потоку оброблюваної середовища.

Розглянемо вплив зазору між ротором і статором, швидкості обертання ротора і тиску в роторі від перепаду тиску між ротором і статором $\Delta P_{\text{зазор}}$. Побудови виконані виходячи з продуктивності ГКА не більше 20 м³/год. Графічні залежності представлені на рисунку 2.16.



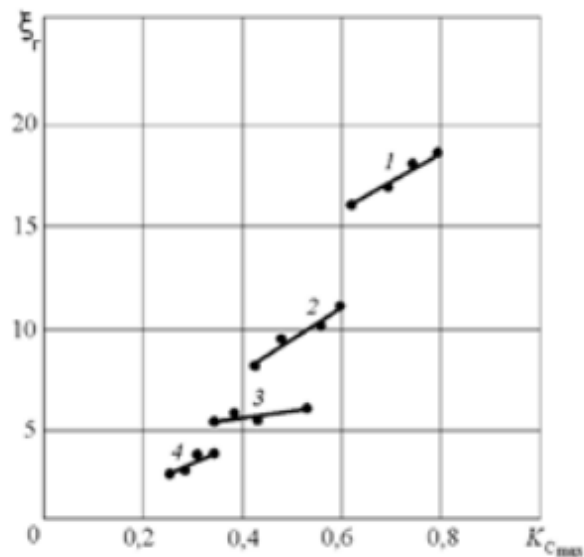
1 – $\delta = 0,05$ мм; 2 – $\delta = 0,1$ мм; 3 – $\delta = 0,15$ мм; 4 – $\delta = 0,2$ мм; 5 – $\delta = 0,25$ мм; \blacktriangledown – $\omega = 250$ с⁻¹; \blacktriangle – $\omega = 150$ с⁻¹; \bullet – $\omega = 50$ с⁻¹

Рисунок 2.16 – Залежність об'ємної витрати від перепаду тисків між ротором і статором від кутової швидкості обертання ротора:

Представлені результати показують, що зміна величини зазору значно впливає на величину об'ємної витрати. При зростанні зазору для виникнення кавітації, ознакою якої служить зміна кута нахилу графічних прямих, необхідні великі витрати оброблюваної середовища. Отже, зменшення зазору розширює межі кавітаційної роботи ГКА.

Для визначення впливу розміру зазору між ротором і статором на гідравлічне опір вивчимо зміна коефіцієнта гідравлічного опору при роботі ГКА в режимі кавітації. Графік залежності коефіцієнта гідравлічного опору ξ_{Γ} від коефіцієнта кавітації $K_{\text{Сmax}}$ представлений на рисунку 2.17. З графіків

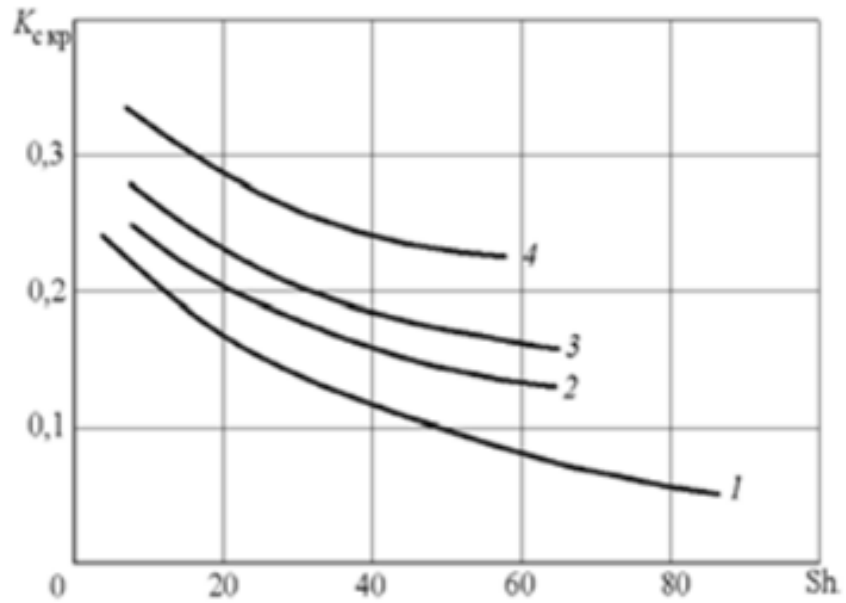
впливає, що в межах однієї величини зазору при збільшенні K_{Cmax} значення коефіцієнта гідравлічного опору зростає незначно.



1 – $\delta = 0,01$ мм; 2 – $\delta = 0,02$ мм; 3 – $\delta = 0,03$ мм; 4 – $\delta = 0,04$ мм

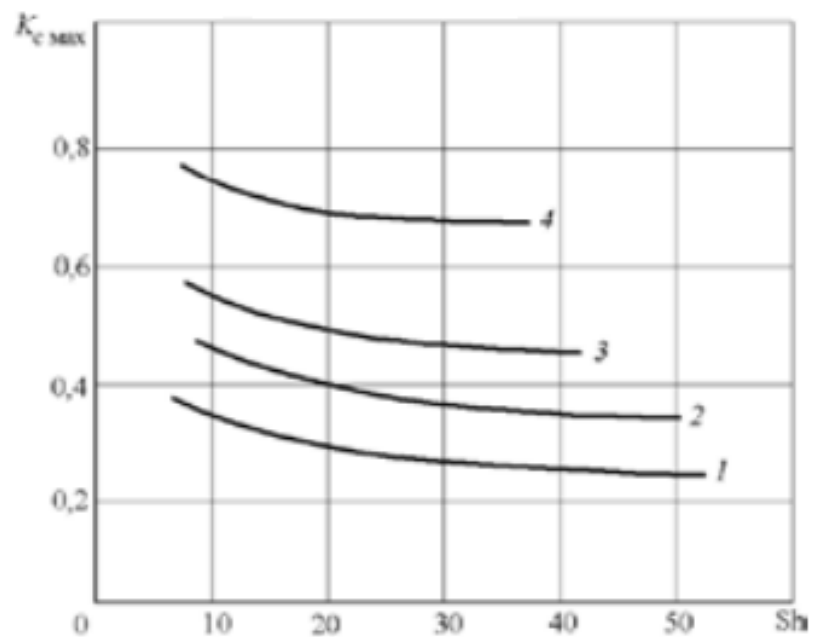
Рис 2.17 – Залежність коефіцієнта гідравлічного опору від коефіцієнта кавітації

Для визначення критичного коефіцієнта кавітації Стайлса $K_{скр}$, що характеризує зникнення кавітаційних імпульсів тиску для різних режимів в результаті їх обробки, представлена графічна інформація, зображена на рисунку 7.18. З аналізу графіків випливає, що при збільшенні зазору між ротором і статором і критерію Струхаля Sh величина критерію $K_{скр}$ знижується. Зростання зазору зменшує межі кавітаційного режиму роботи. Таким чином, для виникнення кавітації необхідно збільшувати об'ємний витрата середовища через апарат. Для визначення зазору для створення режиму найбільшої інтенсивної кавітації графічно змодельовані залежності коефіцієнта кавітації. Ці залежності показані на рисунку 2.19 і та рисунку 2.20.



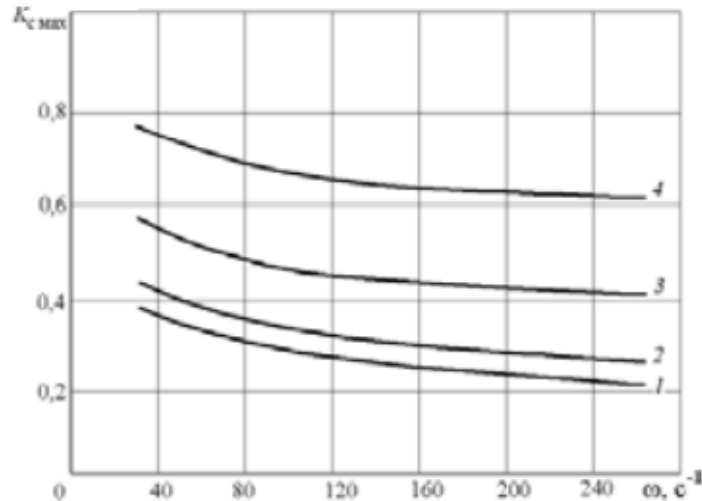
1 – $\delta = 0,01$ мм; 2 – $\delta = 0,02$ мм; 3 – $\delta = 0,03$ мм; 4 – $\delta = 0,04$ мм

Рисунок 2.18 – Залежність коефіцієнта кавітації від критерію Струхаля



1 – $\delta = 0,04$ мм; 2 – $\delta = 0,03$ мм; 3 – $\delta = 0,02$ мм; 4 – $\delta = 0,01$ мм

Рисунок 2.19 – Залежність коефіцієнта кавітації від критерію Струхаля



1 – $\delta = 0,04$ мм; 2 – $\delta = 0,03$ мм; 3 – $\delta = 0,02$ мм; 4 – $\delta = 0,01$ мм

Рисунок 2.20 – Залежність коефіцієнта кавітації від кутової швидкості обертання ротора:

Аналіз графіків підтверджує, що зростання зазору скорочує межі кавітаційного режиму роботи. Максимально допустимий зазор для дослідження гідравлічних характеристик моделі ГКА дорівнює не більше $(0,1 \pm 0,02)$ мм.

На практиці при виготовленні торцевої поверхні ротора реальних розмірів величини допусків на торцеве биття, допусків на посадковий зазор в підшипниках, похибки збірки в сумі складають до 10 % від величини зазору, що має в реальних апаратах величину $(0,05...0,1)$ мм. Таким чином, при обертанні ротора зазор змінюється на $(\pm 2...5)$ % від його середнього значення, що досить для здійснення промислового режиму роботи ГКА, необхідного для інтенсифікації проведених процесів. При малій величині зазору витрата через зазор значно менше загальної витрати через ГКА. При оптимальному зазорі між ротором і статором потужність, що витрачається на обертання ротора, мінімальна. Для рідких середовищ оптимальне значення зазору становить $(8 \cdot 10^{-4}...8 \cdot 10^{-3})$ мм.

При збільшенні або зменшенні зазору від оптимального значення зростає дисипація енергії. При високих швидкостях обертання основна дисипація енергії відбувається за рахунок дотичних напружень на стінці ротора. Використавши закон Ньютона і перейшовши від безрозмірних величин до розмірним в вираженні для визначення градієнта швидкості, отримуємо залежно дисипіруемій потужності в зазорі в момент пуску ГКА від критеріїв подібності Re , Re_ϕ , Sh_ϕ і δ . На рисунку 2.21 показані характерні графічні залежності такого процесу.

У початковий момент часу для всіх графіків є максимум потужності, потім графіки прагнуть до величини потужності, відповідної сталому режиму. Зі збільшенням Re і Sh_ϕ потужність зростає, а зі збільшенням Re і δ відповідно зменшується.

Завдяки процесам тертя в зазорі між статором і ротором в ступенях ГКА відбувається також генерування тепла і, як наслідок, нагрівання оброблюваного матеріалу. Величина теплоутворення залежить від кількості енергії, дисипіруемой в зазорі. при обертанні ротора ступені апарату опрацьований матеріал нагрівається за рахунок дисипації енергії. Кількість тепла, передане оброблюваній середовищі за рахунок тертя в зазорі, дорівнює кількості енергії, дисипіруемой в зазорі при обертанні ротора. В реальних умовах частина оброблюваної середовища, що проходить через зазор і нагрівається в ньому за рахунок генерування тепла, потім змішується з основним потоком, тому підвищення температури середовища, що пройшла через зазор, незначно і залежить від співвідношення пропускної спроможності зазору і загальної витрати апарату.

На режим течії оброблюваної середовища в ГКА впливає велика кількість факторів, в тому числі форма поперечного перерізу щілин ротора і статора (див. рис. 2.22). Форма поперечного перерізу щілин статора і ротора істотно впливає на площу прохідного перетину системи «щілину ротора - щілину статора».

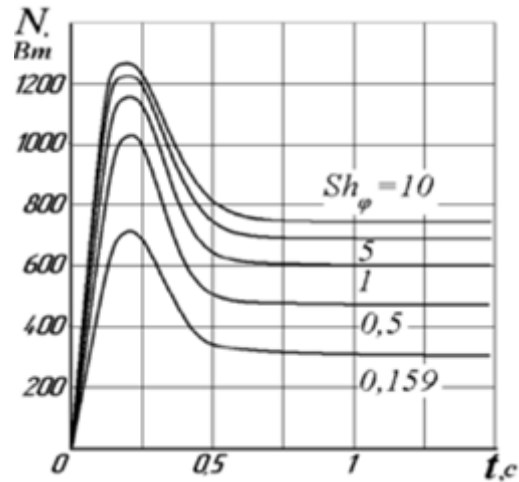


Рисунок 2.21 – Залежність енергії, що виділяється в зазорі від потужності і часу

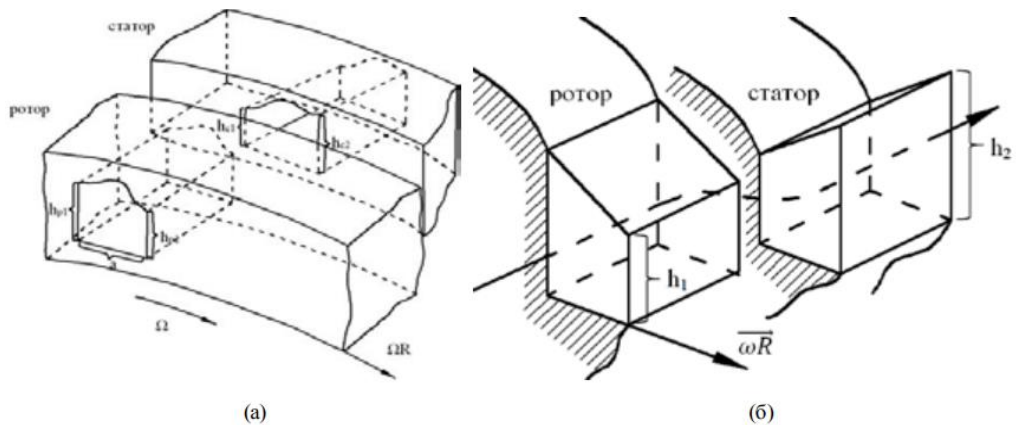


Рисунок 2.22 – Форми щілин ротора і статора, обмежені довільною кривою (а) і трапецієподібної форми (б)

Аналітичні розрахунки специфіки взаємодії статора і ротора і взаємного розташування і форми їх щілин дозволяють зробити наступні висновки:

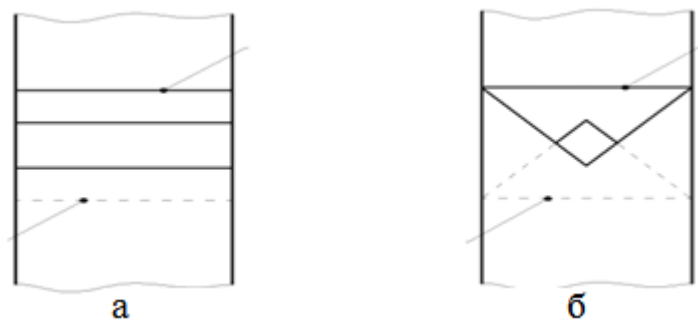
- незалежно від форми щілин швидкість зміни площі в заключний момент переривання потоку визначається найменшою з висот щілин ротора або статора і швидкістю ротора;

- для збільшення витрати через апарат щілини ротора і статора слід виконувати з однаковим прямокутним перетином з висотою, що дорівнює висоті ротора або статора (див. рис. 2.23 а);

- для збільшення ефективності кавітаційної обробки рідких середовищ в апараті необхідно щілини ротора і статора виконувати з однаковим перетином, близьким за формою до трикутним (див. рис. 2.23 б), причому при обертанні ротора вістря одного трикутника має рухатися назустріч іншому.

В цьому випадку швидкість зміни площі прохідного перетину в момент закривання щілин статора і ротора і глибина імпульсу, збудливого кавітацію, максимальні, а витрата знижується, тому на одиницю маси оброблюваної середовища доводиться більше енергетичний вплив.

На ефективне руйнування частки в пристрої впливає і такий параметр, як резонансне руйнування частинки при декількох послідовних гідроударних імпульсах. Такі імпульси збігаються з частотою власних коливань частинки, що призводить до виникнення ефекту резонансу, який позитивно впливає на процес руйнування частинки.



а – прямокутна форма; б – трикутна форма

Рисунок 2.23 –форма щілин статора і ротора

Конструктивною особливістю розробленого ГКА служить технологічна проточність завдяки многоступенчатості. Кожен елемент ступені встановлений однонаправлено своїми виходами до наступних щаблях. Кількість щілин однієї робочої пари статорротор однаково, але зростає кратно в кожній з подальшою ступенів від вхідного патрубку до вихідного при незмінній пропускної здатності кожного ступеня. Найбільш активними

робочими зонами апарату є зазор між ротором і статором, а також щілини статора. При переході оброблюваного матеріалу з одного ступеня в іншу кратно підвищується тиск, що сприяє збільшенню частоти гідрокавітаційних імпульсів. Зміна частоти імпульсів і їх якості визначається конструкцією робочих пар, кратністю збільшення тиску і частотою обертання ротора. Збільшення частоти сприяє розсіюванню і гомогенізації частинок в потоці. Дисперсність частинок збільшується від ступені до ступені відповідно до зростання резонансної частоти подрібнення.

Таким чином, ефективна робота ГКА визначається багатьма параметрами: числом, формою і розміром щілин в статорі і роторі, пропускною спроможністю ступені, частотою обертання ротора, вихідним розміром надходить на обробку частки, тиском в робочій камері, силою гідроудару, інтенсивністю дифузійного обміну між повітряної і рідкої середовищами, ступенем кавітаційного впливу, достатністю імпульсів для резонансного руйнування частинки, частотами на розрядження в статорі і на стиск в роторі. Залежно від необхідного складу оброблюваного матеріалу підбирають число ступенів апарату і частотні характеристики кожної з них. Для створення ефективного процесу обробки матеріалу в ГКА передбачається така послідовність конструктивно різних ступенів, яка дозволяє отримувати високодисперсні активовані однорідні системи.

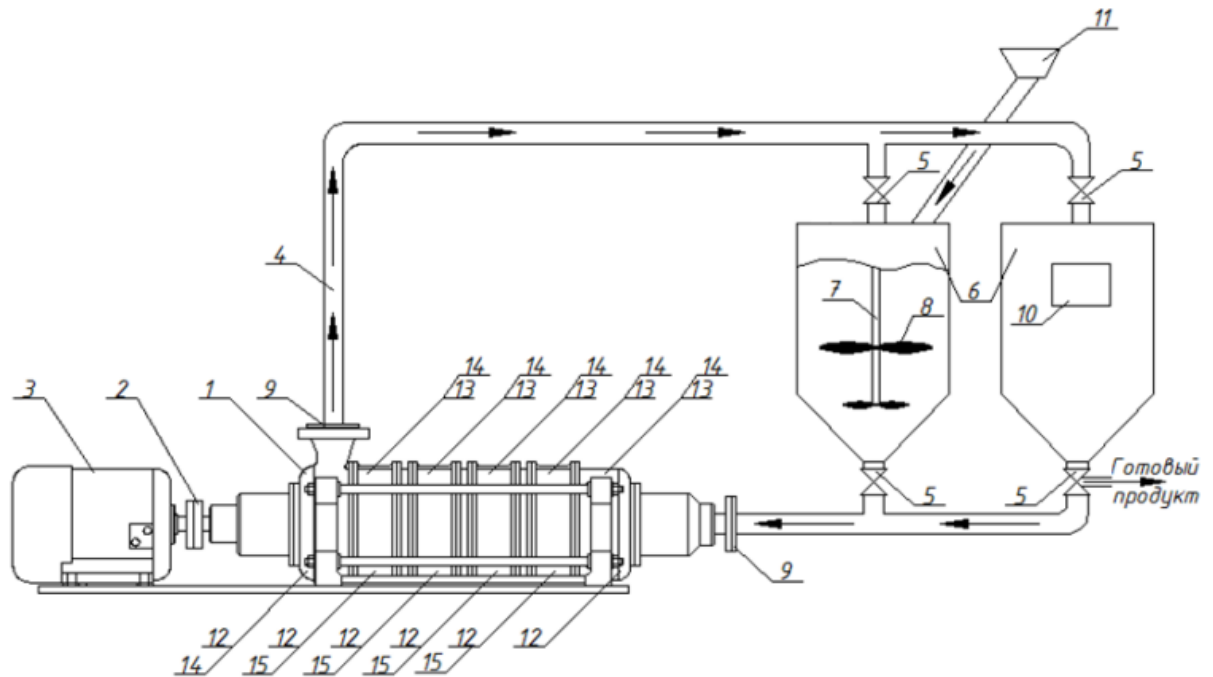
При роботі ГКА відбувається цілий ряд гідромеханічних, масообмінних і теплових процесів, які реалізуються комплексно або самотійно в залежності від заданих параметрів. Класифікація технологічних процесів, що реалізуються в ГКА, приведена на рисунку 2.25.



Рисунок 2.25 – Схема класифікації технологічних процесів, що реалізуються в ГКА

Технології та технологічні комплекси на базі ГКА дозволяють отримувати високоякісні активні розчини, емульсії, екстракти, помели і суспензії. У технологічний комплекс крім ГКА входить стандартне обладнання для дозування, нагнітання і подачі рідин і компонентів продукту, їх нагрівання і охолодження, прилади контролінгу та обліку, ємності попереднього змішування і тимчасового зберігання компонентів. Технологічний комплекс для інтенсифікації процесів обмеживання, дефосфоризації, десульфурации руд представлений на рисунку 2.26.

Підготовлені матеріали подають в рециркуляційну ємність 6, де відбувається процес перемішування рідкої і твердої складової. Ретельно перемішану композицію подають на вхід ГКА 1, який послідовно в процесі роботи в кожній із ступенів до подрібнюється, потрапляє в поле кавітаційних і гідродарних руйнувальних імпульсів. В апараті відбувається інтенсифікація процесу обмеживання, дефосфоризації, десульфурации оброблюваної руди, а також її активація і розпорошення. Після чого оброблена серед вступників до накопичувальний резервуар і далі в технологічний процес виробництва.



1 - ГКА, 2 – сполучна муфта, 3 – електродвигун, 4 – трубопровідна арматура, 5 – вентиля, 6 – ємність рециркуляції оброблюваної середовища, 7 – вал мішалки, 8 – імпеллер мішалки, 9 – фланець, 10 – оглядове вікно, 11 – дозатор подачі оброблюваної середи, 12 – кавітометр, 13 – манометр, 14 – витратомір, 15 – датчик контролю оборотів

Рисунок 2.26 – Технологічний комплекс для інтенсифікації процесів обмеживання, дефосфорізації, десульфурзації руд на базі ГКА

В даний час існує величезний потенціал можливості застосування ГКА в промисловості з широким спектром номенклатури виробленого продукту. Технологічні комплекси на базі апарату проектуються таким чином, щоб були задіяні і давали найбільшу віддачу основні фактори впливу на оброблювану середу. Перспективні напрямки застосування ГКА в металургії, наприклад, наведені на рисунку 2.27.

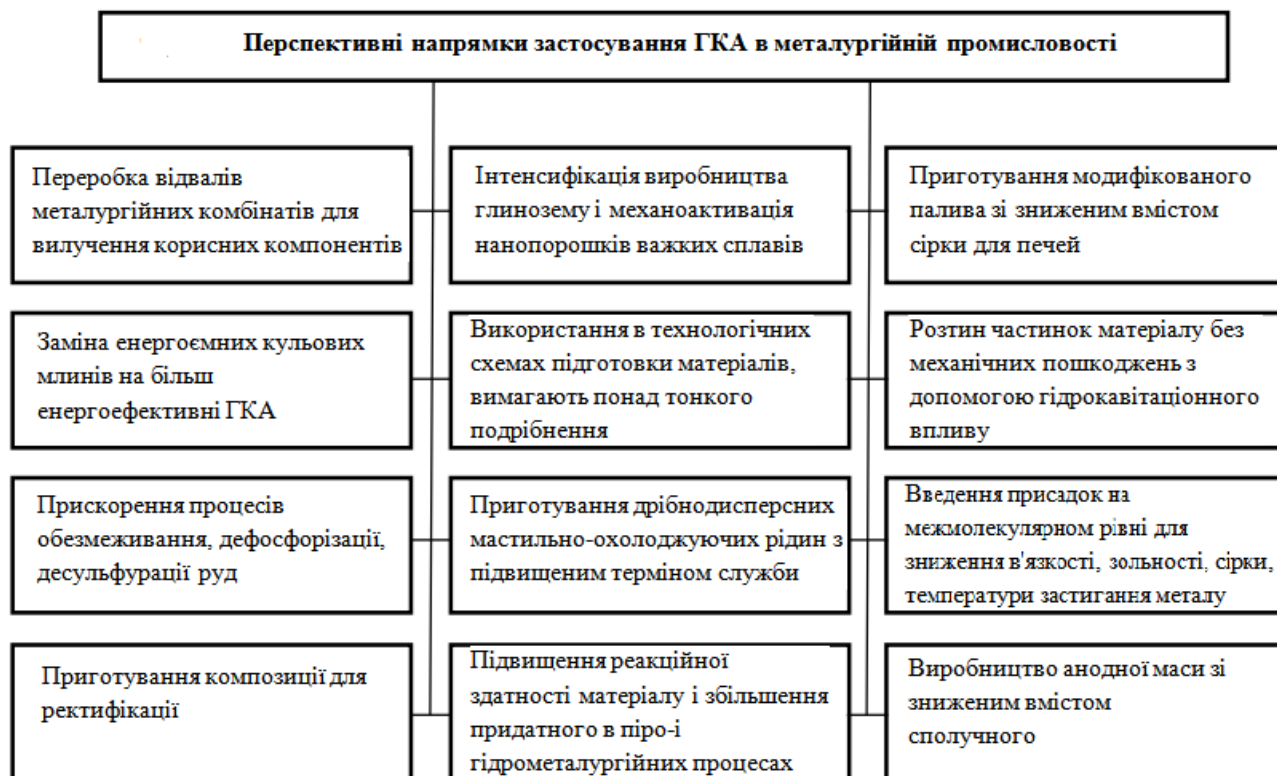


Рисунок 2.27 – Схема перспективних напрямків застосування ГКА в металургійній промисловості

У великому промисловому виробництві, а також коли виправдане застосування апарату для проведення тільки одного технологічного процесу, найбільш ефективним є використання спеціально спроектованого ГКА для конкретного технологічного процесу. Завдяки цілому ряду технологічних процесів, що реалізуються комплексно або самотійно в ГКА, представлений перелік перспективного застосування технологічного комплексу на базі даного апарату в різних галузях промисловості досить різноманітний і далеко не остаточний.

3 МЕТОДИКИ, РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Дослідження кавітаційних явищ в роторному апараті.

З проблемами кавітації стикаються при розгляді широкого кола питань, пов'язаних з течіями рідин, - від дослідження потоку крові в судинах до проектування турбін і корабельних гвинтів.

Її виникнення залежить від фізичних властивостей рідини і параметрів течії (тиск, температура, швидкість). У техніці кавітація призводить до значного зниження ефективності машин і до їх ерозії, а кавітація в крові може викликати захворювання серця і артерій. Нерідко в результаті кавітації відбувається слабе світіння рідини, зване сонолюмінесценція.

Кавітація зменшує підйомну силу підводних крил, погіршує характеристики насосів, турбін, гвинтів та інших механізмів. Щоб по можливості звести до мінімуму шкідливий вплив кавітації, зазвичай для кожної машини визначають її кавітаційні характеристики. Проектування багатьох машин і установок здійснюється обов'язково з урахуванням їх кавітаційної ерозії. Основний метод боротьби з ерозією полягає в відповідному підборі матеріалів при виготовленні машин і механізмів; цей підбір здійснюється шляхом порівняльних випробувань.

У ряді випадків кавітація грає позитивну роль, тому в даний час це явище використовують у різних областях техніки і хімічної технології.

Метою дослідження є дослідження кавітаційних явищ в модернізованому роторному апараті.

Конструкція роторного апарату дозволяє за допомогою переміщення кавітатора в камері озвучування впливати на величину кавітаційного імпульсу тиску $P_{\text{кав}}$. кавітація модифікація дослідження установка. Зміна положення кавітатора в насадці характеризувалося відстанню від його торця, до виходу з насадка. Кутова швидкість обертання ротора змінювалася за допомогою двигуна постійного струму і визначалася з використанням

строботахометра. В результаті досліджень було встановлено, що максимум кавітаційних імпульсів тиску спостерігається при знаходженні кавітатора на відстані (0,9...1,0) мм. При збільшенні або зменшенні відстані величина $P_{\text{кв}}$ зменшується, в залежності від частоти обертання ротора, в (2...2,5) рази.

На рисунку 3.1 представлена характерна залежність $P_{\text{кв}}$ від переміщення кавітатора.

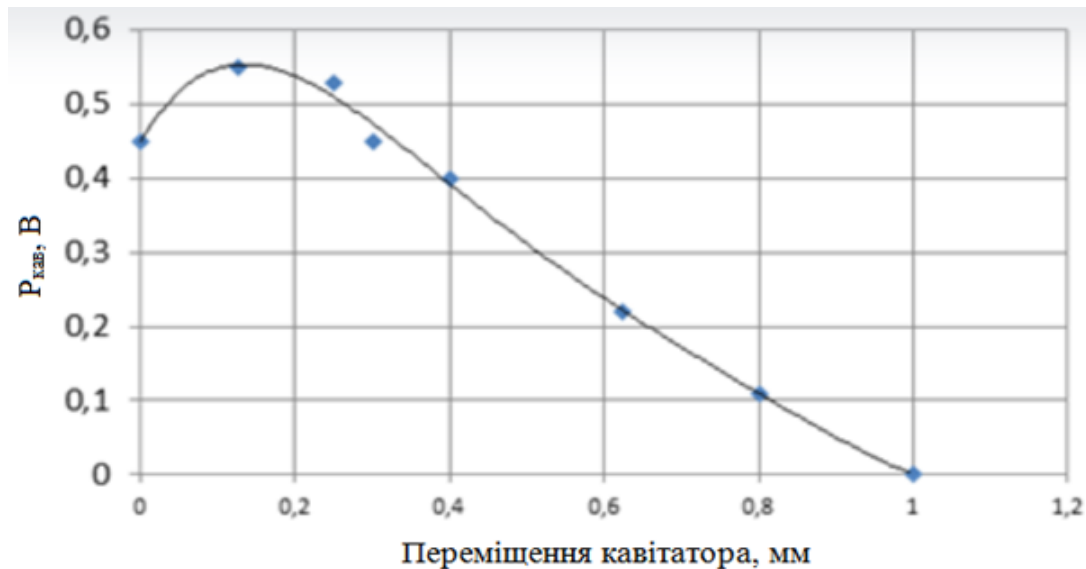


Рисунок 3.1 – Залежність $P_{\text{кв}}$ від переміщення кавітатора

Таким чином, найпростіша модернізація конструкції апарату дозволила на (20...30) % збільшити інтенсивність кавітації і, отже, підвищити ефективність роботи роторного апарату.

3.2 Експериментальна установка

Для експериментального дослідження явищ кавітації в даній роботі використовується гідродинамічний стенд. Установка являє собою замкнутий гідродинамічний контур (див. рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд експериментальної установки

Система заповнюється рідиною, в даному випадку водопровідною водою. На що перекачує насос вибирається потрібний витрата води. За допомогою автоматичного вимикача запускається електродвигун насоса, який перекачує рідину в контурі.

Відцентровий насос – один з двох типів динамічних лопатевих насосів, переміщення робочого тіла в якому відбувається безперервним потоком за рахунок взаємодії цього потоку з рухомими обертовими лопатями ротора і нерухомими лопатями корпусу. При цьому переносний рух робочого тіла відбувається за рахунок відцентрової сили і протікає в радіальному напрямку, тобто перпендикулярно осі обертання ротора.

На рисунку 3.3 показаний детальний загальний вигляд роторно-цівкового кавітатора експериментальної установки.



Рисунок 3.3 Загальний вигляд роторно-цівкового кавітатора

Такі насоси однаково застосовні як для рідин, так і для газів, при цьому насоси для перекачування газів зазвичай називають відцентровими компресорами або відцентровими вентиляторами.

Рідина, пройшовши по трубопроводах і поворотним колінам контуру, потрапляє в хонейкомб (див. рис. 3.4).



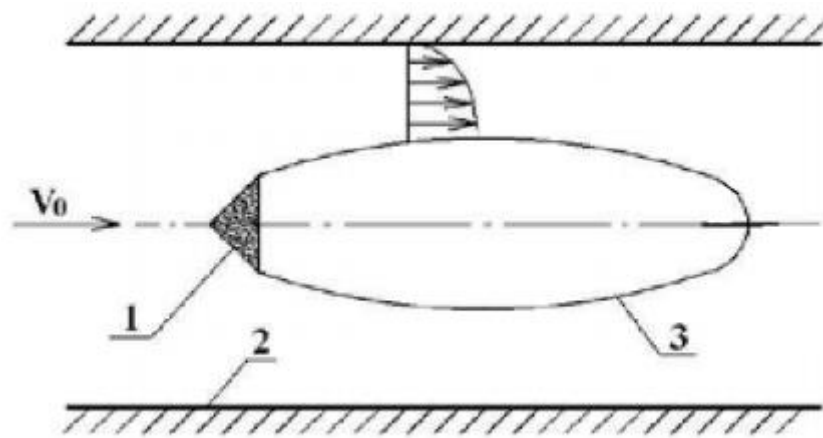
Рисунок 3.4 – Структура пристрою хонейкомба

Хонейкомб вдає із себе безліч труб менше діаметра в одному трубопроводі, подібно до бджолиних стільників. Хонейкомб служить для

виключення завихрень рідини, тим самим створюючи ламінарний режим течії, який потрібен для чистоти експерименту.

Далі робоча рідина потрапляє в конфузور. Конфузор - це ділянка проточного каналу у вигляді звужується труби зазвичай круглого або прямокутного перерізу. У разі, коли в конфузор надходить потік рідини або газу зі швидкістю, меншою місцевої швидкості звуку, тиск при переході від широкого вхідного до вузького вихідного перетину падає, а швидкість і, отже, кінетична енергія потоку зростають. При дозвукових швидкостях течії ця конструкція працює як сопло. Якщо швидкість течії на вході в конфузор перевищує місцеву швидкість звуку, в конфузорі відбувається гальмування потоку, яке може призводити до утворення ударних хвиль.

Після конфузора рідина потрапляє в робочу ділянку, в якому знаходиться кавітатор з певним кутом розкриття (див. рис. 3.5) - труба з органічного скла для можливого спостереження за експериментом.



1 – кавітатор; 2 – труба круглого перетину; 3 – суперкаверна

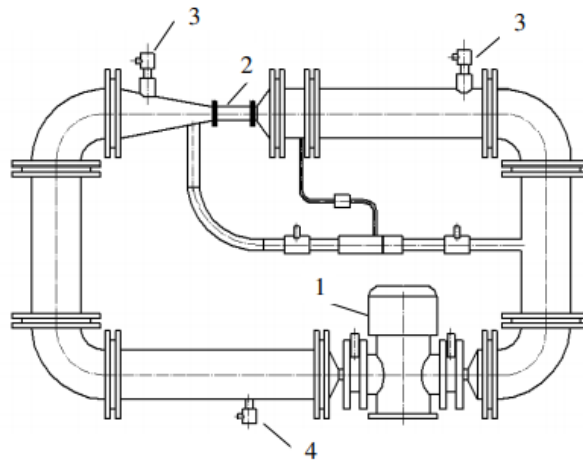
Рисунок 3.5 – Принципова схема суперкавітаційного випаровування

Пройшовши через робочу ділянку, вода знову через всмоктуючий трубопровід потрапляє в перекачувальний насос, який замикає гідродинамічний контур. У спочатку представленому варіанті для зняття

показань були присутні такі прилади як вакуумметр, для фіксування явища кавітації в кавітатор і манометр для відстеження тиску в робочому контурі. Дренажна труба призначена для спустошення замкнутого контуру після закінчення проведення експерименту.

3.3 Перетворення експериментальної установки

В ході проведення експериментів було виявлено, що в контурі залишалось деяку кількість повітря через неповне заповнення установки водою і нестачі приладів для зняття показань. З'явилася необхідність в проведенні доопрацювання експериментальної установки (див. рис. 3.6). Для видалення повітря був встановлений додатковий повітряний клапан, розташований після кавітатора.



1 – перекачуваний насос, 2 – кавітатор, 3 – повітряні клапана, 4 – дренажна труба

Рисунок 3.6 – Експериментальна установка

Для збільшення діапазону вимірювання вакууму і підвищення достовірності отриманих результатів, був встановлений новий вакуумметр, з великим діапазоном вимірювання розрідження. Контроль вимірювання

температури здійснювався термопарою, розміщеної на внутрішній стороні труби і пирометра - на зовнішній.

Для зняття показань температури було встановлено пірометр (див. рис. 3.7). Пірометр – прилад для безконтактного вимірювання температури тіл. Принцип дії заснований на вимірюванні потужності теплового випромінювання об'єкта вимірювання переважно в діапазонах інфрачервоного випромінювання і видимого світла. Пірометри застосовують для дистанційного визначення температури об'єктів в промисловості, побуті, сфері ЖКГ, на підприємствах, де велике значення набуває контроль температур на різних технологічних етапах виробництва (сталеливарна промисловість, нафтопереробна галузь). Пірометри можуть виступати в ролі засобу безпечного дистанційного вимірювання температур розпечених об'єктів, що робить їх незамінними для забезпечення належного контролю у випадках, коли фізична взаємодія з контрольованим об'єктом неможливо через високі температур. Їх можна застосовувати в якості теплокаторов (вдосконалені моделі), для визначення областей критичних температур в різних виробничих сферах.



Рисунок 3.7 – Загальний вид експериментальної установки після проведених перетворень

Результати замірів показали, що відмінності температури на зовнішній і внутрішній поверхні труби незначні, і контроль за температурою можна проводити по пірометру на зовнішній поверхні, що істотно спрощує процес вимірювання температури на даній установці.

3.4 Результати проведених дослідів. Перевірка коректності роботи установки

Досліди проводилися при різних обраних витратах рідини через що перекачує насос, в ході проведення дослідів вимірювалися температура і тиск розрядження всередині робочого контуру з плином часу.

Результати проведених дослідів представлені на рисунках. 3.8, 3.9, 3.10.

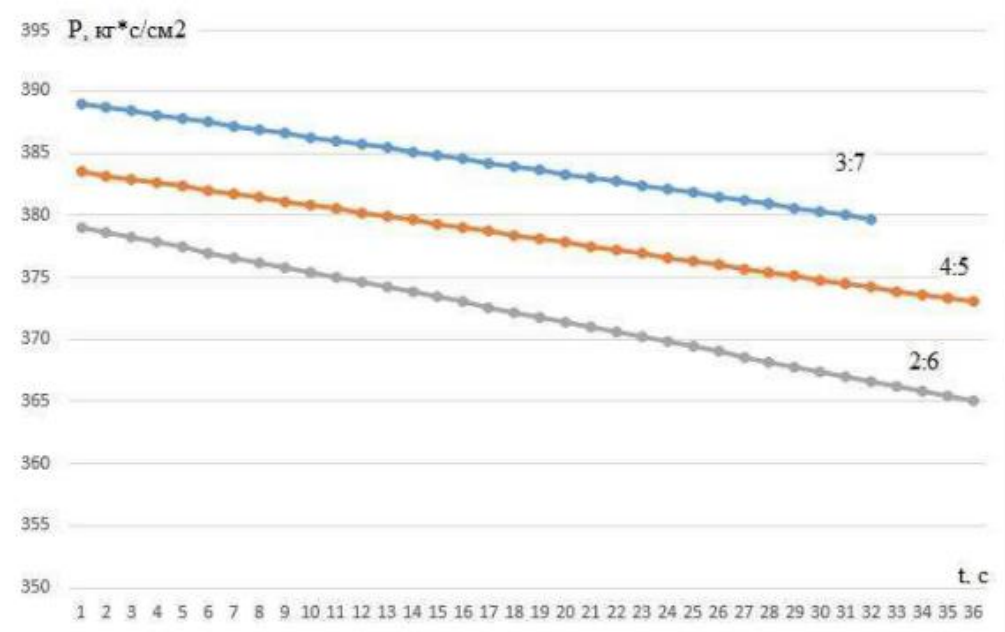


Рисунок 3.8 – Зміна тиску з плином часу при різних витратах рідини через що перекачує насос

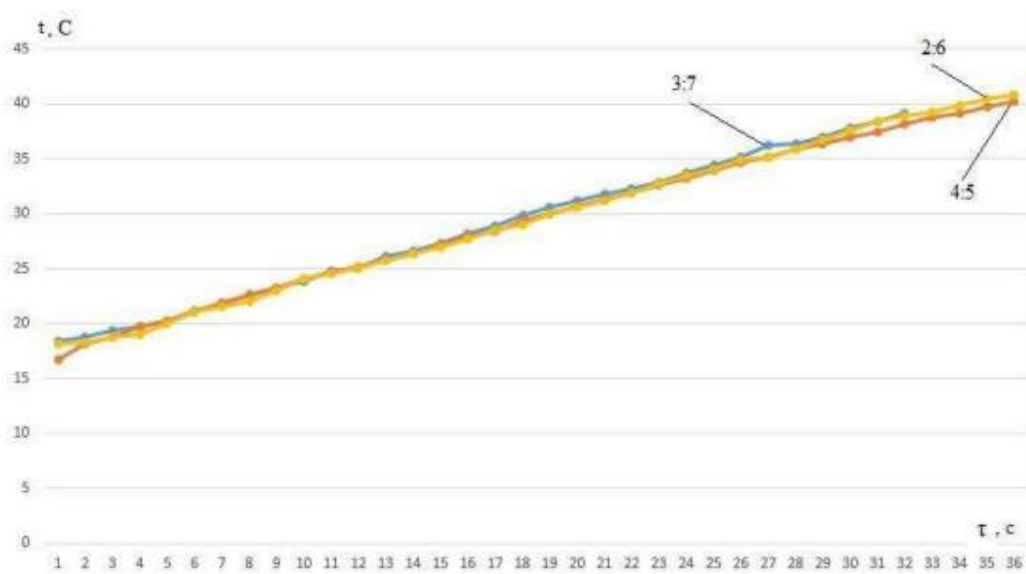


Рисунок 3.9 – Зміна температури з плином часу при різних витратах рідини через що перекачує насос

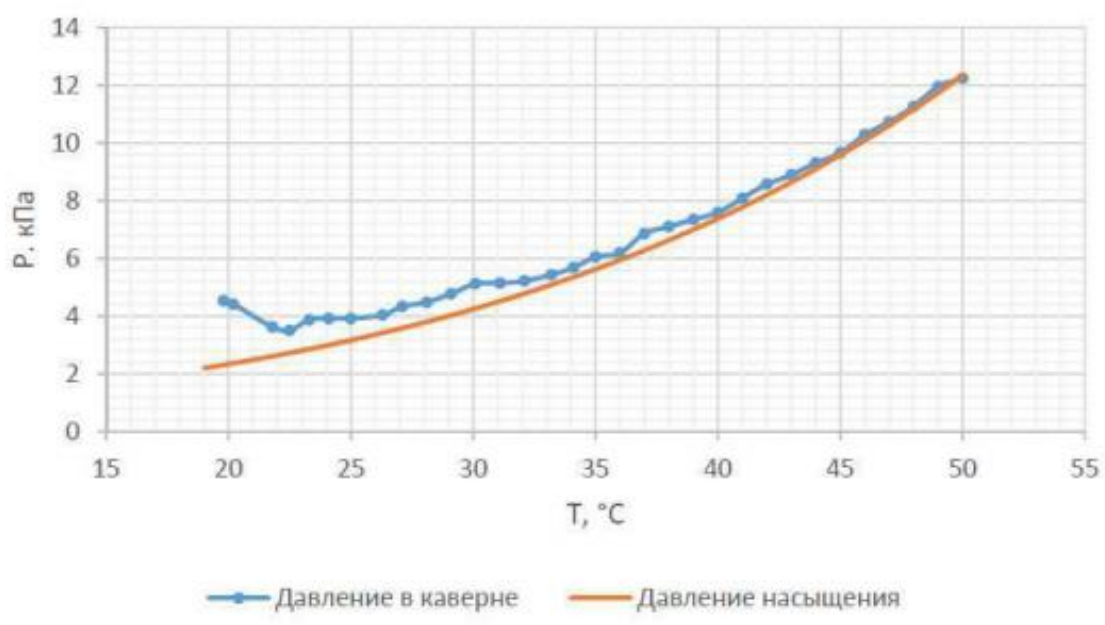


Рисунок 3.10 – Залежність тиску від температури з плином часу

З невеликою похибкою експериментальні дані узгоджуються з теоретичними, що підтверджує справну роботу і достовірні результати експериментальної установки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Норми і правила з техніки безпеки і виробничої санітарії

Норми з техніки безпеки містять обов'язкові вимоги, яким повинно відповідати підприємство в цілому, виробничі приміщення, усі види обладнання і технологічні процеси з точки зору безпеки праці, попередження травматизму. Цими нормами передбачається встановлення різних огорожень, захисних пристроїв, проведення профілактичних випробувань, дистанційне управління, видача спеціальних індивідуальних засобів захисту, наприклад поясів, окулярів, екранів тощо. Норми з виробничої санітарії містять обов'язкові вимоги щодо території підприємства, виробничих і побутових приміщень, робочих місць і технологічних процесів з точки зору гігієни праці і здоров'я працівників з метою попередження професійних захворювань. Вимоги в галузі виробничої санітарії стосуються розмірів, планування і конструктивних елементів виробничих будівель, вентиляції, опалення, водопостачання, каналізації, освітлення побутових приміщень, пунктів харчування, охорони праці тощо. Норми з виробничої санітарії передбачають також професії з шкідливими умовами праці, які повинні забезпечуватись спецмолоком, спецхарчуванням, спецодягом, спецвзуттям та іншими індивідуальними захисними засобами.

Не слід думати, що норми з техніки безпеки і виробничої санітарії є окремими нормативними актами. В державних міжгалузевих і галузевих нормативних актах можуть одночасно міститися й положення з техніки безпеки і норми з виробничої санітарії.

У своїй сукупності нормативні акти про охорону праці — це правила, стандарти, норми, положення, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання. Їх прийнято поділяти на державні міжгалузеві і галузеві норми. Постановою Кабінету Міністрів України від 2 березня 1994 р. № 135 «Про порядок опрацювання, прийняття,

перегляд та скасування державних міжгалузевих і галузевих нормативних актів по охороні праці» відповідним центральним органам державного управління доручено розробляти і затверджувати конкретні документи щодо організації нормотворчого процесу, планування і фінансування робіт, визначення базових організацій, які повинні займатися нормотворчою діяльністю з питань охорони праці.

На виконання постанови Кабінету Міністрів України від 2 березня 1994 р. Комітет по нагляду за охороною праці наказом від 16 березня 1994 р. затвердив Положення про опрацювання, прийняття, перегляд та скасування державних міжгалузевих і галузевих нормативних документів «Законодавство України».

Фінансування охорони праці здійснює власник. На підприємствах, в галузях і на державному рівні у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України, створюються фонди охорони праці. Такі ж фонди можуть створюватись органами місцевого і регіонального самоврядування для потреб регіону.

Фонд охорони праці на підприємстві використовується тільки для виконання заходів, що забезпечують доведення умов і безпеки праці до нормативних вимог або підвищення існуючого рівня охорони праці на виробництві.

Кошти галузевих і державних фондів охорони праці витрачаються на здійснення галузевих і регіональних програм з питань охорони праці, науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт, що виконуються в межах цих програм, на сприяння становленню і розвитку спеціалізованих підприємств та виробництва, творчих колективів, науково-дослідних центрів, експертних груп, на заохочення трудових колективів і окремих осіб, які плідно працюють над розв'язанням проблем охорони праці.

До державного, регіональних і галузевих фондів охорони праці надсилаються поряд з коштами державного чи місцевих бюджетів,

відрахуваннями підприємств та іншими надходженнями кошти, одержані від застосування органами державного нагляду штрафних санкцій до власників, а також кошти від стягнення цими органами штрафу з працівників, винних у порушенні вимог щодо охорони праці. Працівники, на яких накладено штраф, вносять його в касу підприємства за місцем роботи.

У колективному договорі (угоді, трудовому договорі) сторони передбачають забезпечення працівникам соціальних гарантій у галузі охорони праці на рівні, не нижчому, ніж передбачений законодавством, їх обов'язки, а також комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадкам виробничого травматизму, професійних захворювань і аваріям.

Машини, механізми, устаткування, транспортні засоби і технологічні процеси, що впроваджуються у виробництво, у стандартах на які є вимоги щодо забезпечення безпеки праці, життя і здоров'я людей, повинні мати сертифікати, що засвідчують безпеку їх використання, видані у встановленому порядку. Власник, який створив нове підприємство, зобов'язаний одержати від органів державного нагляду за охороною праці дозвіл на початок його роботи.

Забороняється застосування у виробництві шкідливих речовин, на які не розроблені граничне допустимі нормативи (концентрації), методика, засоби метрологічного контролю і які не пройшли токсикологічної експертизи.

У разі надходження на підприємство нових небезпечних речовин або наявності такої кількості небезпечних речовин, яка вимагає вжиття додаткових заходів безпеки, власник зобов'язаний завчасно повідомити про це орган державного нагляду, розробити і узгодити з ним заходи щодо захисту здоров'я та життя працівників, населення та охорони навколишнього природного середовища. На власника також покладається обов'язок за свої

кошти організувати проведення попереднього (при прийнятті на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників. Працівники із своїх коштів ніяких витрат на заходи щодо охорони праці не несуть.

Обов'язкові медичні огляди проводяться згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31 березня 1994 р. № 45.

Обов'язковим медичним попереднім та періодичним оглядам підлягають працівники, які приймаються на роботу або працюють у контакті з шкідливими речовинами та несприятливими виробничими чинниками; працівники усіх професій, що додаються до Положення про медичний огляд працівників певних категорій.

Постановою Кабінету Міністрів України від 6 листопада 1997 р. № 1238 уведено обов'язковий профілактичний наркологічний огляд працівників, які під час виконання своїх функціональних обов'язків повинні використовувати певні види сировини, речовини і матеріалів. До таких працівників належать особи, які під час роботи повинні використовувати етиловий спирт; працівники фармацевтичних підприємств, аптечних закладів; анестезіологи та інші медичні працівники закладів охорони здоров'я, які за специфікою роботи повинні використовувати фторотан і ефір; працівники підприємств, які працюють в умовах підвищеного атмосферного тиску; чергові працівники підприємств, які обслуговують, налагоджують, монтують і пороводять роботи в електромережах та електроустановках під напругою 127 вольт і більше; працівники підприємств, які провадять роботи, пов'язані з використанням вибухових матеріалів; працівники транспортних засобів усіх видів транспорту тощо.

Метою проведення профілактичного наркологічного огляду громадян є виявлення хворих на алкоголізм, наркоманію та токсикоманію, а також визначення наявності чи відсутності наркологічних протипоказань до

виконання функціональних обов'язків і провадження певних видів діяльності.

4.2 Інструктаж і навчання працівників правилам техніки безпеки і виробничої санітарії

Усі працівники при прийнятті на роботу і в процесі роботи проходять на підприємстві інструктаж з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, правил поведінки при виникненні аварії згідно з Типовим положенням, затвердженим наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 4 квітня 1994 р. № 30 із змінами і доповненнями, внесеними наказом від 23 квітня 1997 р. № 109.

Навчання та інструктаж працівників з питань охорони праці є складовою частиною системи управління охороною праці провадиться з усіма працівниками в процесі їх трудової діяльності. Перед перевіркою знань з охорони праці на підприємстві організуються заняття, лекції, семінари та консультації. Перелік питань для перевірки знань з охорони праці з урахуванням специфіки виробництва складають члени комісії по перевірці знань питань охорони праці, узгоджує служба охорони праці і затверджує керівник підприємства. У складі комісії по перевірці знань з питань охорони праці повинно бути не менше трьох осіб, які у встановленому порядку пройшли навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

Результати перевірки знань працівників з питань охорони праці оформляються протоколом. Особам, які при перевірці знань показали задовільні результати, видаються посвідчення. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань, забороняється.

Відповідальність за організацію навчання і перевірку знань з охорони праці на підприємстві покладається на його керівника, а в структурних

підрозділах — на керівників цих підрозділів. Контроль за навчанням і періодичністю перевірки знань з питань охорони праці здійснює служба охорони праці або працівники, на яких керівником підприємства покладені ці обов'язки. За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж з питань охорони праці провадиться з усіма працівниками, які щойно прийняті на постійну чи тимчасову роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи за цією професією або посади; з працівниками, які перебувають у відрядженні на підприємстві і беруть безпосередню участь у виробничому процесі; з водіями транспортних засобів, які вперше на території підприємства; з учнями, вихованцями та студентами, які прибули на підприємство для проходження виробничої практики; з учнями, вихованцями та студентами в навчально-виховних закладах перед початком трудового і професійного навчання в лабораторіях, майстернях, на полігонах тощо.

Вступний інструктаж проводить спеціаліст з охорони праці, особа, на яку наказом по підприємству покладено ці обов'язки, а з учнями в навчально-виховних закладах — викладач в умовах підвищеного атмосферного тиску; чергові працівники підприємств, які обслуговують, налагоджують, монтують і проводять роботи в електромережах та електроустановках під напругою 127 вольт і більше; працівники підприємств, які проводять роботи, пов'язані з використанням вибухових матеріалів-працівники транспортних засобів усіх видів транспорту тощо.

Метою проведення профілактичного наркологічного огляду громадян є виявлення хворих на алкоголізм, наркоманію та токсикоманію, а також визначення наявності чи відсутності наркологічних протипоказань до виконання функціональних обов'язків і провадження певних видів діяльності.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередньо керівник робіт. Інструктажі завершуються перевіркою знань усним опитуванням за допомогою технічних засобів навчання, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці. Знання перевіряє особа яка проводила інструктаж.

Про проведення всіх видів інструктажу, стажування та допуску до роботи особа, яка проводила інструктаж, робить запис до журналу. При цьому обов'язкові підписи як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував. Журнали інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою.

В разі необхідності інструктаж і стажування працівник може проходити у встановленому порядку на іншому спорідненому за технологією підприємстві, де є необхідні для цього умови та спеціалісти. Проведена в такому випадку робота фіксується у журналі на підприємстві, де відбувався інструктаж чи стажування, а працівнику видається відповідна довідка, що додається до особистої справи працівника на підприємстві, яке його відряджало. Примірник інструкції з охорони праці повинен бути виданий працівникові за його професією або вивішений на його робочому місці. Посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично один раз на три роки проходять навчання і перевірку знань з питань охорони праці, техногенної безпеки та надзвичайних ситуацій на виробництві. У спеціалістів виробництва перевіряються знання тих нормативних актів по охороні праці, виконання яких входить до їх службових обов'язків.

Працівники, які показали незадовільні знання, повинні протягом одного місяця пройти повторну перевірку знань з питань охорони праці, техногенної безпеки та надзвичайних ситуацій на виробництві. Особи, які й при повторній перевірці знань показали незадовільні знання, працевлаштовуються згідно з чинним законодавством. Керівники та інші посадові особи підприємств та об'єднань чисельністю понад 500 працюючих

у випадках аварії чи катастрофи можуть проходити позачергове навчання та перевірку знань техніки безпеки. В усіх навчально-виховних закладах системи освіти провалиться вивчення основ охорони праці за програмами, що розробляються і затверджуються Міністерством освіти України за погодженням з Комітетом по нагляду за охороною праці. Навіть учні загальноосвітніх шкіл вивчають спеціальний курс «Охорона життя та здоров'я дітей».

На підприємствах виробничої сфери з числом працюючих понад 50 чоловік власник зобов'язаний створити службу охорони праці, діяльність якої регулюється Типовим положенням про службу охорони праці, затвердженим Державним комітетом України по нагляду за охороною праці. При кількості працюючих менше 50 чоловік функції служби охорони праці можуть виконувати у порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо керівникові підприємства і прирівнюється до основних виробничо-технічних служб.

Спеціалісти з охорони праці мають право видавати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків; одержувати від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці; вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або виконують нормативи з охорони праці; зупиняти роботу виробництв, діляниць, машин, механізмів, які створюють загрозу життю або здоров'ю працюючих; надсилати керівникові підприємства подання про притягнення до відповідальності працівників, які порушують вимоги щодо охорони праці. Припис спеціаліста з охорони праці може скасувати лише керівник підприємства. Ліквідація служби охорони праці допускається лише у разі ліквідації підприємства. На роботах із шкідливими і небезпечними умовами

прані також на роботах, пов'язаних із забрудненням або здійснюваних у несприятливих умовах, працівникам видаються безплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту.

Норми спецодягу складені за виробничою ознакою і розраховані на застосування незалежно від профілю та відомчої належності підприємства. Практично це означає, що на будь-якому підприємстві може бути застосована не одна, а декілька галузевих норм і залежно від того, на якому виробництві зайнятий працівник, за тією нормою йому повинні видавати спецодяг. Спецодяг і спецвзуття є власністю підприємства. Тому власник або уповноважений ним орган зобов'язаний організувати їх комплектування та утримання. Видача замість спецодягу та спецвзуття матеріалу для їх виготовлення або грошових сум для їх придбання не дозволяється. У той же час власник або уповноважений ним орган повинен компенсувати працівникові витрати на придбання спецодягу та інших засобів індивідуального захисту, якщо встановлений нормами строк видачі цих засобів порушено, і працівник був змушений придбати їх за власний кошт.

Підприємство зобов'язане замінити або відремонтувати спецодяг і спецвзуття, яке прийшло в непридатність до закінчення встановленого строку ношення з причин, що не залежать від працівника. Така заміна здійснюється власником або уповноваженим ним органом за участю представника профспілкової організації. Засоби індивідуального і колективного захисту видаються працівникам на час виконання тих робіт, для яких вони передбачені. Вони також можуть бути закріплені за певними робочими місцями і передаватись однією зміною іншій. У цих випадках спецодяг і засоби захисту видаються під відповідальність майстрів та інших осіб з адміністративно-технічного персоналу. Засобами захисту вважаються костюми ізолюючі, засоби захисту органів дихання, ніг, рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, засоби захисту від падіння з висоти тощо. Правом на

одержання безоплатного спецодягу, спецвзуття і запобіжних засобів користуються також учні індивідуального і бригадного навчання, особи, які навчаються в професійних навчально-виховних закладах усіх рівнів акредитації під час виробничого навчання чи проходження практики, а також працівники, які тимчасово виконують роботу за професіями, щодо их чинними галузевими нормами передбачене забезпечення Працюючих спецодягом, спецвзуттям і захисними пристосуваннями. На роботах, пов'язаних із забрудненням тіла, видається мило кількості 400 грамів на місяць.

Медичними установами визначений докладний перелік токсичних речовин, для нейтралізації яких працюючі повинні вживати молоко. Молоко є продуктом профілактичного харчування, який підвищує опір організму негативним чинникам виробничого середовища, нормалізує деякі обмінні процеси і функції організму. Виходячи з визначеного переліку власник підприємства або уповноважений ним орган за погодженням з профспілковим комітетом затверджує перелік професій і робіт, при виконанні яких працівникам повинно видаватись молоко. Молоко видається робітникам і службовцям у дні, коли вони фактично виконують роботи з шкідливими умовами праці і зайняті на цих роботах не менше половини робочого дня (зміни). За робочу зміну, незалежно від її тривалості, працівники одержують по 0,5 літра молока. У виняткових випадках натуральне молоко за погодженням з медико-санітарною частиною або місцевою санітарно-епідеміологічною станцією може бути замінено рівною кількістю кефіру, простокваші, ацидофільного молока або мацоні. Там, де виробляються і переробляються антибіотики, замість свіжого молока повинно видаватись кисле молоко або виготовлений на основі молока колібактерин. На роботах, пов'язаних з впливом свинця, видавати молоко не рекомендується, оскільки воно містить кальцій, що легко засвоюється. Надмірне введення в організм кальцію викликає негативну реакцію при

свинцевій інтоксикації. Тому при р^о боті з свинцем і його сполуками замість 0,5 літра молока повинно видаватись 8-Ю грамів пектину у вигляді мармеладу або концентрату пектину з чаєм.

Студентам і аспірантам вищих навчальних закладів, аспірантам науково-дослідних установ при проходженні практики виконанні роботи, що дає право на одержання молока, видається молоко за рахунок підприємств і організацій, де доходить така практика чи робота.

На роботах з особливо шкідливими умовами праці працівникам видається лікувально-профілактичне харчування. Перелік професій і посад, робота на яких дає право на безоплатне лікувально-профілактичне харчування, а також раціони і правила видачі цього харчування затверджуються в централізованому порядку. Якщо працівник відповідно до цього переліку отримує лікувально-профілактичне харчування, то молоко йому не видається, незалежно від того, чи відповідає виконувана ним робота умовам, що дають право на отримання молока. Лікувально-профілактичне харчування видається у вигляді гарячих сніданків перед початком роботи. В окремих випадках за погодженням з лікувальним закладом допускається видача сніданків під час обідньої перерви. Працівники забезпечуються гарячими сніданками тільки під час роботи саме на особливо шкідливих роботах.

В гарячих цехах, на підземних роботах працівникам повинен бути забезпечений особливий питтєвий режим. Фізичні навантаження при роботах з високою температурою викликають активне потіння організму. Разом з потом з організму працівника виділяються солі і вітаміни. Виникає сильне почуття спраги, хочеться постійно пити. Стає нестабільним артеріальний тиск, частішає пульс, знижується працездатність. Цехи і виробничі ділянки, де організується постачання газованою підсоленою водою, визначаються органами санітарного нагляду за погодженням з власником або уповноваженим ним органом.

4.3 Протипожежна безпека

Територія ДГЭС, повинна постійно міститися в чистоті, систематично очищатися від спалених відходів, порослі, сухої трави й інше.

Проїзди і під'їзди до будинків, спорудженням, пожежним водопостачання, а також підступи до первинних засобів пожежогасіння повинні бути завжди вільними і міститися в справному стані.

Усі виробничі, службові і допоміжні будинки і приміщення, що знаходяться у веденні машинного цеху, повинні міститися в чистоті.

У випадку виявлення пожежі негайно приступити до ліквідації його власними силами, одночасно повідомити на пульта керування по тел. 3 –52 і начальнику цеху по тел. 3 – 83 і виконувати його розпорядження по ліквідації загоряння.

В усіх виробничих, допоміжних і службових будинках повинний дотримуватися протипожежний режим для забезпечення нормальних і безпечних умов праці персоналу і безаварійної експлуатації устаткування.

У виробничих, допоміжних і адміністративних будинках забороняється:

а) встановлювати і захарашувати шляху евакуації і сходові марші устаткуванням, матеріалами й іншими предметами;

б) забирати приміщення з застосуванням бензину, гасу й інших легкозаймистих рідин.

4.4 Охорона навколишнього середовища

Регулювання річкового стоку для запобігання руйнівних повеней, які виникають через різке збільшення річкового стоку в період весняних або дощових паводків є одним з найважливіших напрямів у водогосподарчій практиці. Дійовим заходом щодо боротьби з повенями є створення водоймищ

зі спеціальними резервними об'ємами, що зберігаються вільними до настання високої повені або паводка. Такий резервний об'єм після наповнення й зрізання хвилі високого стоку спрацьовується, щоб гарантувати зрізання повторної хвилі. Найбільш раціональною є комбінована схема регулювання річкового стоку, коли на річці створюється водоймище, що включає в себе об'єм для розв'язання двох завдань: регулювання стоку в інтересах забезпечення водою водоспоживачів і боротьби з повенями. Це дозволяє знизити витрати, необхідні для будівництва гідровузла.

Така схема регулювання річкового стоку порівняно проста стосовно окремої ділянки ріки, але виявляється досить складною при вирішенні проблем з раціонального використання ресурсів стоку річкового басейну в цілому. Раціональне регулювання річкового стоку за цих умов з метою подальшого пристосування режиму стоку до інтересів водоспоживачів, до розвитку народного господарства повинне базуватися на науковій основі таких визначальних положень:

- прогноз розвитку водоспоживання й водокористування з урахуванням ресурсів річкового стоку за довжиною основної річки і її притоків;
- дослідження перспективних співвідношень між потребою у воді та наявними ресурсами природного річкового стоку, тобто дослідження водогосподарчих балансів;
- вивчення можливих варіантів і вибір оптимальної єдиної схеми регулювання режиму стоку основної ріки та її притоків з обґрунтуванням розміщення і параметрів усіх необхідних регулюючих водоймищ;
- обґрунтування черговості розташування і зведення водоймищ, що включаються в єдину систему регулювання режиму стоку річкового басейну.

За даними проектних обґрунтувань, виконаних ВАТ „Укргідропроєкт“, об'єкти майбутнього розвитку гідроенергетики сконцентровані, в основному, у басейнах Верхнього Дністра й Тиси. Вони являють собою невеликі низько-

і середньонапорні ГЕС комплексного призначення потужністю $5 \div 50$ МВт. Їхні водоймища розміщуються, як правило, в межах русел річок і практично не викликають затоплення прилеглих територій, що забезпечує мінімальний вплив на навколишнє середовище.

При створенні нових водоймищ необхідно враховувати період його „хвороби“, тобто час формування якості води відразу після наповнення. Цей період може бути істотно скорочений за рахунок якісної підготовки чаші водоймища під затоплення.

Важливим напрямом підвищення ефективності комплексного використання водних ресурсів є реконструкція існуючих гідроенергетичних вузлів. Ефект від реконструкції ГЕС розподіляється на прямий, непрямий та сполучений. До прямого відноситься: збільшення площі дзеркала, загального і корисного об'ємів водосховищ, підвищення виробництва електроенергії, збільшення об'ємів кормових організмів для риби та покращення умов водосховищ для рибництва, збільшення площ для промислової фауни, збільшення вилову риби, у тому числі рослиноїдної.

До непрямого ефекту відноситься: приріст вартісної оцінки функції вищої водної рослинності – аераційної, берегозахисної, водоочищувальної, сільськогосподарської, кормової, збільшення промислової фауни та рибних ресурсів.

Сполучений ефект досягається за рахунок одержання додаткового прибутку внаслідок збільшення виробництва електроенергії, об'ємів водних ресурсів, збільшення рибних запасів та вилову риби, збільшення промислової фауни, вирощування та використання продуктивних трав'яних (багаторічних) культур на землях, що потребують захисту від підтоплення, розвитку бджільництва на площах з медоносними травами, організації курортно-санаторної мережі та баз відпочинку. Значна увага при екологічному обґрунтуванні розвитку та реконструкції ГЕС повинна приділятися обґрунтуванню заходів щодо зменшення рівня екологічного

ризик, спричиненого шкідливою дією вод внаслідок підвищення НПР на водосховищах (захисту від затоплення та підтоплення або переселення населення і перенесення об'єктів господарства), обслідуванню стану водоохоронних територій у разі запропонованої перебудови.

Головний нормативний документ, яким необхідно при цьому керуватися, це – Державні будівельні норми ДБН А.2.2-1-95 „Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування“. На основі вимог цього нормативного документу виконується розробка матеріалів ОВНС у складі передпроектної (техніко-економічне обґрунтування – ТЕО або техніко-економічні розрахунки – ТЕР) та проектно-кошторисної документації на нове будівництво, розширення, реконструкцію і технічне переоснащення гідроенергетичних споруд та обладнання, визначаються основні вимоги до складу і змісту цих матеріалів.

До ОВНС обов'язково включаються такі складові:

- характеристика сучасного стану території району та майданчика (траси), будівництва або їх варіантів;
- визначення переліку можливих екологічно небезпечних впливів (далі – впливів) і зон впливів проектованої діяльності на навколишнє середовище по варіантах розміщення;
- визначення масштабів та рівнів впливів проектованої діяльності на навколишнє середовище в нормальних та аварійних умовах;
- прогноз змін стану навколишнього середовища відповідно до переліку впливів при будівництві, експлуатації, ліквідації об'єктів проектованої діяльності та імовірних аварійних ситуаціях;
- визначення комплексу заходів щодо попередження або обмеження впливів проектованої діяльності на навколишнє середовище, необхідних для дотримання вимог природоохоронного законодавства та нормативних документів;

- визначення еколого-економічних наслідків реалізації проектованої діяльності та залишкових впливів на навколишнє середовище.

Розробка наукового обґрунтування заходів з інженерного та біотехнічного упорядкування водоохоронних зон та прибережних захисних смуг водосховищ повинна здійснюватися на основі розрахунку балансу біогенних елементів та залишкового біогенного навантаження з площинних і точкових забруднювачів, на основі планування заходів з упорядкування водоохоронних зон та прибережних захисних смуг.

Положення, висновки та рекомендації з наукового обґрунтування відновлення та реконструкції малих ГЕС є необхідною основою для державної екологічної експертизи проектів реконструкції та розвитку великих і малих гідроелектростанцій.

Комплексний підхід до екологічного обґрунтування розвитку та реконструкції великих і малих ГЕС є неодмінною основою для виконання завдань, поставлених перед фахівцями різних профілів знань для прийняття екологічно обґрунтованих рішень щодо функціонування господарських комплексів у сучасний період для забезпечення прогресу і розвитку галузей економіки України.

ВИСНОВКИ

В науково-дослідницькій роботі було зроблено такі висновки:

1. Із проведеного аналізу процесу знезараження використаної води методом кавітації, з'ясували його фізичні основи, переваги та недоліки кавітації. Також виявили декілька методів очищення, можна сказати що один із методів дослідження найбільшою популярністю використовується метод ультрафіолету.

2. Було виявлено його практичне використання в кавітаційних явищах. Також були розроблені кавітаційні водні пристрої очищення, в яких граничні умови кавітації можуть знищити забруднюючі речовини і органічні молекули.

3. Проаналізувавши матеріали дослідження було виявлено три види кавітаційних теплогенераторів: роторний теплогенератор, трубчастий теплогенератор та ультразвуковий теплогенератор. Також є гідрударний-кавітаційний апарат він представлений на рис. 2.10. В цьому випадку було розглянуто вплив зазору між ротором і статором, швидкості обертання ротора і тиску в роторі від перепаду тиску між ротором і статором, та були побудовані графічні залежності: об'ємних витрат від перепаду тиску; коефіцієнта гідравлічного опору та коефіцієнти кавітації наведено на рисунках 2.16 - 2.20.

4. Отже, в науково-дослідницькій роботі, було виконано дослідження експериментальної установки яка представлена на рисунку 3.2. До речі установка являє собою замкнутий гідродинамічний контур. Та отримали результати проведених дослідів це: зміна тиску з плином часу при різних витратах рідини; зміна температури та залежність тиску від температури з плином часу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Алексеев С.Е. Применение озонирования для интенсификации процессов очистки природных и сточных вод // Водоочистка. - 2007. - №2.
2. Веретільник Т.І., Матухно О.В. Удосконалення технології очищення стічних вод із застосуванням ефектів кавітації // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВДАУ. – 2009. – с. 7 – 10.
3. Федоткин И.М., Гулый И.С. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (Теоретические основы производства избыточной энергии, расчет и конструирование кавитационных теплогенераторов). Часть II ;К.: АО «ГЛАЗ», 2000. – 898 с.
4. Пирсол И. Кавитация. Пер. с англ. Ю. Ф. Журавлева. М., «Мир», 1975. 95 с.
5. Червяков В.М., Однолько В.Г. Использование гидродинамических и кавитационных явлений в роторных аппаратах. М.: Машиностроение, 2008. 116 с.
6. Червяков В.М. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: Машиностроение, 2007. 35 с.
7. Промтов М.А. // Вестник ТГТУ. Томск, 2008. Т. 14. Вып. 4. С. 861-869.
8. Фрейдин А.М., Шалауров В.А., Анушенков А.Н. Пат. РФ 2169625 // Б. И. 2001. № 18.
9. Анушенков А.Н., Штеле В.И. Пат. СССР 1778320 // Б. И. 1992 № 44.
10. Штеле В.И., Анушенков А.Н., Филиппов Ю.М., Кондратьев С.А. Пат. 1789794 СССР // Б. И. 1993 № 3.
11. Кнепп, Р. Кавитация / Р. Кнепп, Д. Дейли, Ф. Хеммит. - М.: Мир, 1974. – 678 с.
12. Ивченко В. М. Кавитационная технология / Ивченко В. М., Кулагин В. А., Немчин А. Ф. // ред. акад. Г. В. Логвинович. - Красноярск: Изд-во КГУ, 1990. – 200 с.

13. Федоткин, И. М Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности / И. М. Федоткин, И. С. Гулый. - Киев: АО «ГЛАЗ», 2000. – Ч. 2. – 898 с.
14. Перник А. Д. Проблемы кавитации. Л., «Судостроение», 1966. 440 с.
15. ГОСТ 12.2.007.0. ССБТ. Общие требования безопасности. Утв. Постановлением ВР України 1995. – 130 с. 67
16. ГОСТ 12.1.00588 ССБТ. Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М., 1988. - 123с.
17. Холл, Ж.В. Зародыши и возникновение кавитации/ Ж.В. Холл// Теоретические основы инженерных расчетов. - 1970. - Т.92, №4. - С.12-21.
18. Балабышко, А.М., Роторные аппараты с модуляцией потока и их применение в промышленности/ А.М. Балабышко, В.Ф. Юдаев. - М.: Недра, 1992. - 176с.
19. Юдаев, В.Ф. Гидромеханические процессы в роторных аппаратах с модуляцией проходного сечения потока обрабатываемой среды / В.Ф. Юдаев// ТОХТ. - 1994. - Т.28, №6. - С.581-590
20. Гордеев А. І. Особливості розрахунку конструктивних параметрів вібраційного обладнання для впливу на властивості води та її знезаражування // Гордеев А. І. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/36_PWMN_2010/Tecnic/76861.doc.htm.
21. Промтов М. А. Обеззараживание сточных вод кавитационной обработкой / Промтов М. А., Алешин А. В., Колесникова М. М., Карпов Д. С. // Весник ТГТУ. – 2015. – Том 21. – №1.– С. 105-111.
22. Фоминский, Л. П. Как работает вихревой теплогенератор Потапова [Текст] / Л. П. Фоминский. — Черкассы: ОКОПЛЮС, 2001. — 103 с.
23. Теплогенератор струйного действия [Текст]: пат. 20966694 РФ Недорезков П. М.; заявитель и патентообладатель: Недорезков П. М. — заявл. 29.08.1995; опубл. 20.11.1997.