



ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ХІМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ВОДООЧИЩЕННЯ



Кваліфікаційна робота магістра на тему:

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МЕТОДАМИ КАВІТАЦІЇ

Навчальний рівень: магістр
Студент групи ЗМГХТ-904

Науковий керівник:

Актуальність теми

Проблема зберігання навколишнього середовища в теперішній час концентрує на себе увагу досліджувачів всього світу. Розвиток виробництва, а також урбанізація та індустріалізація призвели до небувалого використання водних ресурсів. Наряду з цим в зв'язку з розвитком нових галузей промисловості зросла небезпека забруднення водоймищ стічними водами, в яких містяться токсичні речовини. Для охорони водоймищ від забруднення шкідливими речовинами, які знаходяться у промислових стічних водах, важливе значення мають впровадження в виробництво нової ефективної технології, а також зменшення кількості стічних вод та застосування водообігу, локальна та загальнозаводська очистка цих вод, встановлення для них межі вмісту шкідливих речовин, нормування гранично-допустимої концентрації у водоймах (ГДК).

- Мета роботи

Створення теоретичної концепції інтенсифікації очищення стічних вод, що

містять важко розкладаються органічні сполуки; дослідження методів

очищення стічних вод; розробка і створення на базі турбо

термогенераторов кавітаційних реакторів; розробка технологічних схем з

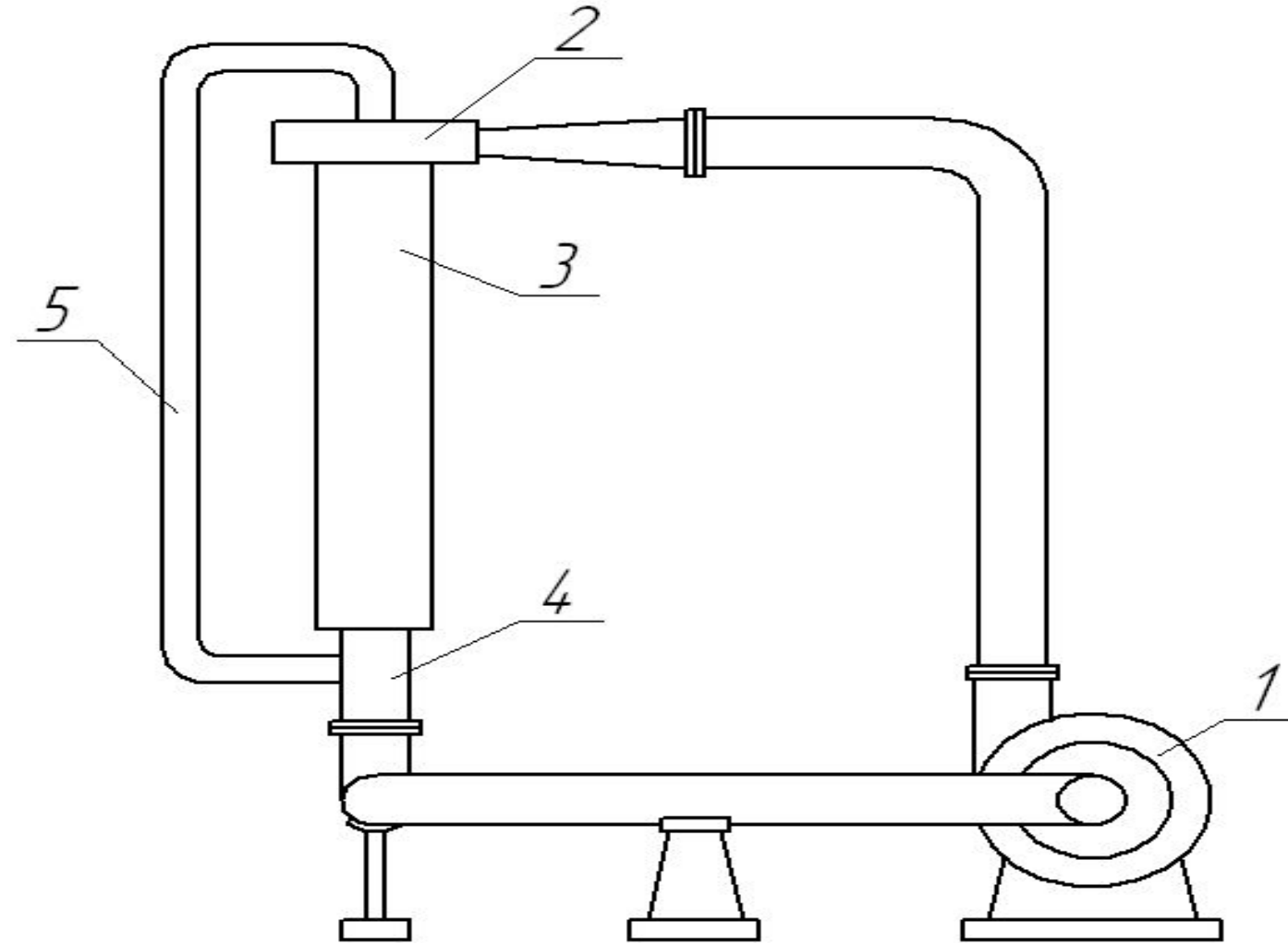
частковою утилізацією органічних забруднюючих речовин з

використанням гідродинамічного кавітації.

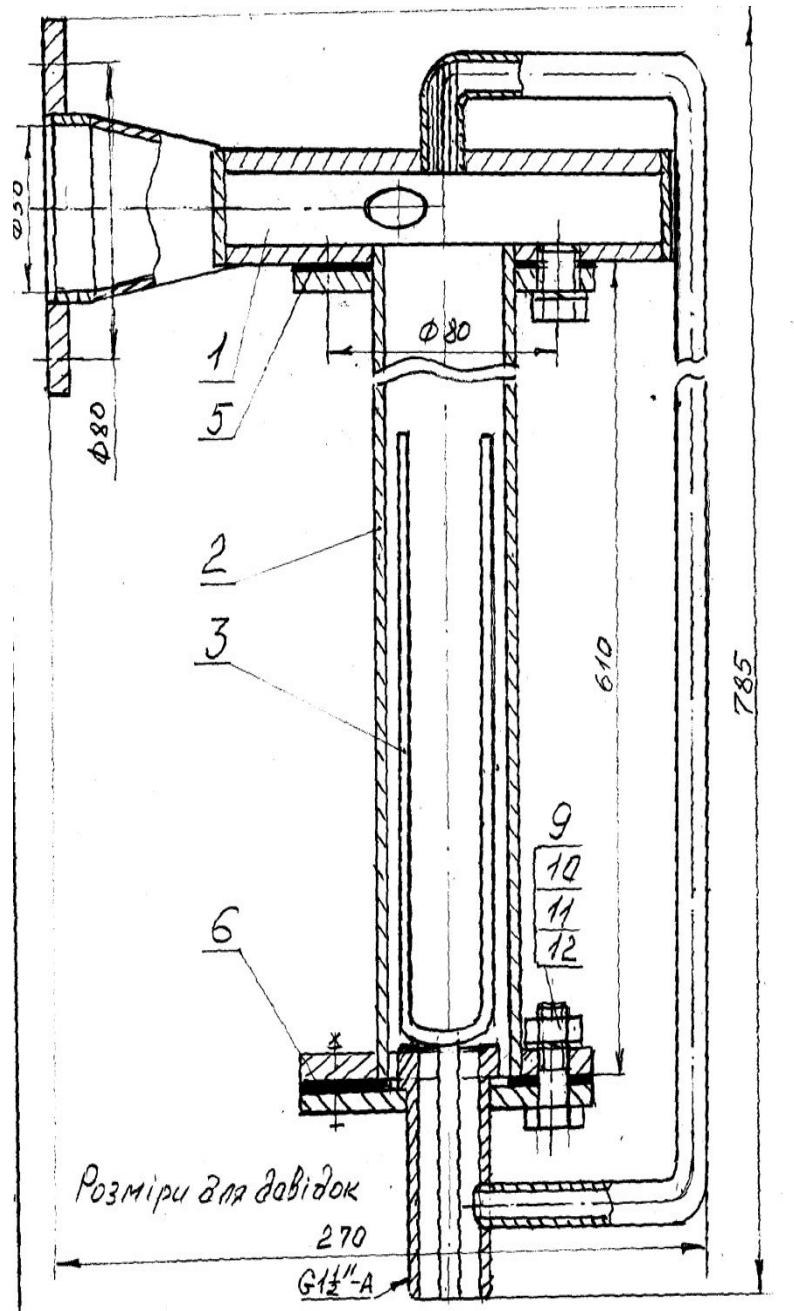
• Основні типи генераторів кавітаційного поля:

- магнітострикційні, п'єзоелектричні, гідро- та електродинамічні, механічні.
- **Акустична кавітація** виникає під час поширення в рідині акустичних коливань ультразвукового діапазону (від 8 до 44 кГц і більше),
- В **імпульсних електророзрядних** випромінювачах використовують електрогідравлічний ефект: генерація ударних хвиль виникає в рідині під час її пробою. Протікання електричного розряду в рідині спричиняє виникнення ударних хвиль, інтенсивних ультразвукових випромінювань, кавітаційних полів тощо.
- Для створення потужних кавітаційних полів у великих об'ємах рідини (кілька м³) у промисловості використовують **гідродинамічні генератори**. Гідродинамічна кавітація виникає в потоці рідини під час обтікання нею перешкод (кавітаторів), за високої швидкості руху твердих тіл у рідині тощо. Під час обтікання кавітаторів за ними утворюються бульбашкові каверни, в області яких відбувається кавітаційне оброблення технологічної сировини.
- У **резонансних гідродинамічних** апаратах для збудження акустичних коливань використовують коливання резонуючих елементів у вигляді пластин, стрижнів, мембран, які створюють акустичне поле. Це, в основному, різноманітні модифікації пластинчастих випромінювачів з консольним або двоточковим кріпленням вібруючої пластини.

Стендова кавітаційна установка з конфузором-диффузором



1 – насос; 2 – прискорювач завитка; 3 – центральна труба;
4 – звужена ділянка з отвором та вібраційною пластиною; 5 – байпасна труба.



Розміри для довідок

270

G1 1/2"-A

Дослідження процесу нагрівання води

Експериментальні дані з тепловиділення на SB-1 (з вібратором 1)

Час, хв	Температура води, що нагрівається (об'єм 296 дм ³), °С	Кількість витраченої електричної енергії, кВт-год
0	19	0
14	20,5	0,9
25	22	1,6
34	23,5	2,3
44	25	2,8
54	26,5	3,3
64	27,5	4,0
74	28,5	4,5
84	30	5,2

Примітка: $\Delta\tau = 1\text{год } 44\text{ хв}$; $\Delta T = 13^\circ\text{C}$; $\Delta E = 6,3\text{ кВт-год}$;

Ефективність виробництва тепла без урахування тепловитрат 71,02%;

Ефективність виробництва тепла з повним урахуванням тепловитрат **108,95%**;

Діаметр отворів діафрагми, що розсікає, 8 мм

Дослідження процесу нагрівання води

– Експериментальні дані з тепловиділення на SB-1
(з вібратором 3)

Час,хв	Температура води, що нагрівається (об`єм 296 дм ³), °С	Кількість витраченої електричної енергії, кВт-год
0	23	0
10	25	0,75
20	26	1,3
30	27	1,9
40	28	2,5
51	30	3,35
60	31	3,75
71	32	4,5
80	33	4,65
90	34	5,2
100	35	5,8
110	36	6,55
120	37,5	6,95
130	39	7,55
140	40	8,15

Примітка: $\Delta\tau = 2\text{год } 50\text{ хв.}$; $\Delta T = 20^\circ\text{C}$; $\Delta E = 9,95\text{ кВт-год}$;

Ефективність виробництва тепла без урахування тепловитрат 74,40%;

Ефективність виробництва тепла з повним урахуванням тепловитрат **108,53%**;

Діаметр отворів розсікаючої діафрагми 5 мм

Дослідження процесу нагрівання води

– Експериментальні дані з тепловиділення на СВ–1 (з вібратором 3) дослід 8 (добавка гідроксиду кальцію 0,5 кг на 250 дм³)

Час (хв)	Температура води, що нагрівається (об'єм води 250дм ³), °С	Кількість витраченої електричної енергії, кВт-год
1	2	3
0	20	0
20	22	1,0
40	25	2,0
60	27,5	3,3
80	30	3,8
100	32	4,7
120	34	5,7
140	36	6,7
160	38,5	7,7
180	41	8,4

$\Delta\tau = 3$ години; $\Delta T = 21^\circ\text{C}$; $\Delta E = 8,4$ кВт-час; $\Delta m = 4,5$ дм³; $a = 0,0019$ град/с.

Ефективність виробництва тепла без урахування тепловтрат 72,7%;

Ефективність виробництва тепла з повним урахуванням тепловтрат **107,8 %**; барботаж повітря.

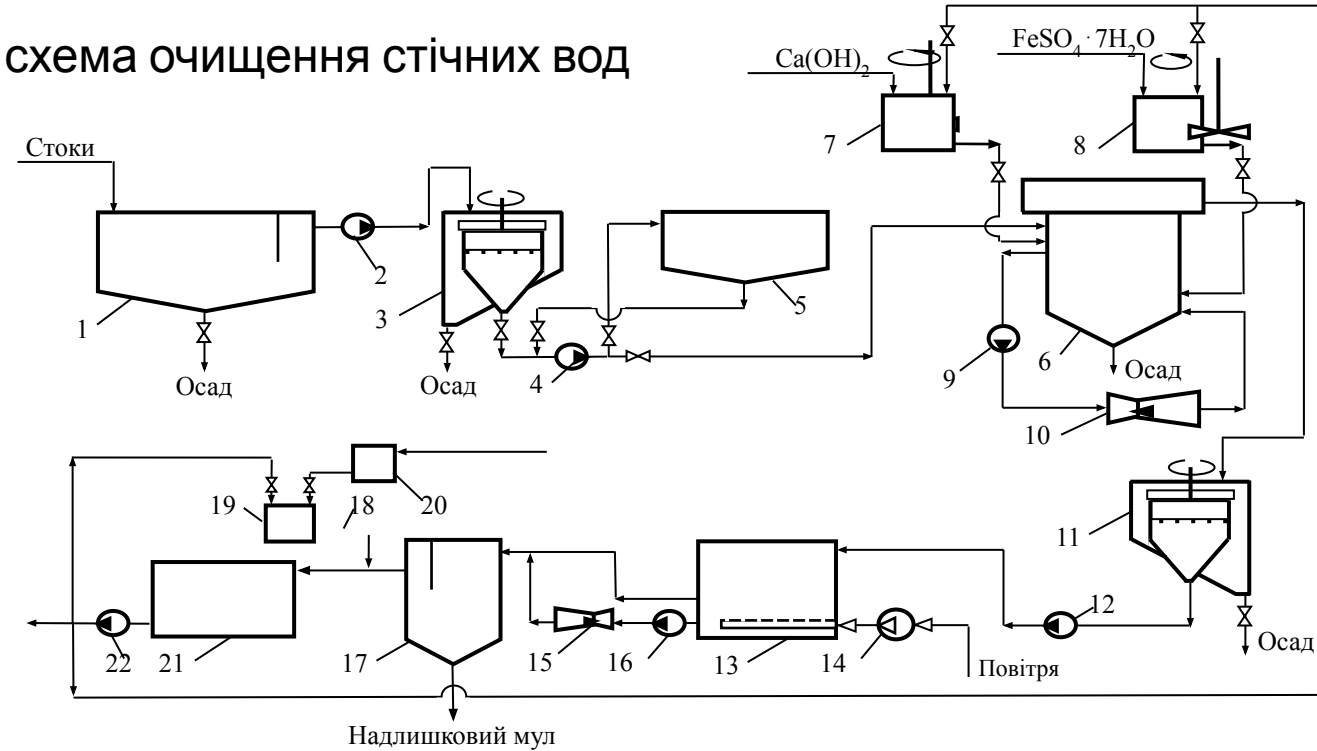
Вміст $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у стічних водах, %	ВЕЛИЧИНА ХСК, mgO_2/dm^3 / СТУПІНЬ ОЧИЩЕННЯ, %		
	Перемішування без озвучування	Озвучування стічних вод з реагентом	Попереднє озвучування суспензії CaO
1 проба $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (гідродинамічна кавітація)			
2,5	395 / 14	250 / 37	155 / 61
5,0	315 / 31	230 / 42	95 / 76
7,5	230 / 50	125 / 68	70 / 85
10,0	215 / 53	115 / 71	55 / 86

Кавитатор промышленный РДН-10/20



МАРКА ДИСПЕРГАТОРА	РДН-10/20
Производительность на воде, литров/час $\pm 10\%$	25000 ... 40000
Мощность электродвигателя, кВт	22,0
Номинальный напор, МПа	0,2...0,5
Число оборотов, об/мин	3000
Диаметр патрубков (всасывающего / нагнетательного), мм (ДУ)	80/50
Тип соединения - молочная муфта DIN 11 851 с ответными частями	
Уплотнение вала диспергатора, торцевое сифонного типа: 1 - одинарное, 2 - двойное	2
Габаритные размеры, мм	925 x 330 x 475
Масса, кг	360

Технологічна схема очищення стічних вод



- 1 – пісковлавлювач; 2, 4, 12, 16, 22 – насос; 3, 11 – фільтр; 5 – усереднювач; 6 – реактор комбінований; 7, 8 – ємність з мішалкою; 9 – циркуляційний насос; 10, 15 – гідродинамічний кавітатор; 13 – біореактор; 14 – компресор; 18 – насос-дозатор; 19, 20 – ємності з розчином натрію гіпохлориту; 21 – контактна ємність

Таблиця розрахунку ефективності встановлення шумозахисних екранів

Параметр	Середньогометричні частоти, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Початкові відомості								
Вид приміщення	Насосна повітродувна станція							
$L_{факт}$	99	91	85	79	75	62	51	49
$L_{норм}$	95	87	82	78	75	73	71	69
$\Delta L_{необх}$	4	4	3	1	-	-	-	-
Результати розрахунків								
V					13200			
B_{1000}					660			
μ	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
B_i	330	330	363	462	660	1056	1980	3960
$S_{обл}$					1650			
$\alpha_{обл}$	0,56	0,5	0,6	0,65	0,84	1	1	0,9
ΔA	924	825	990	1072,5	1386	1650	1650	1485
$S_{озор}$					4852			
$B/S_{озор}$	0,068	0,068	0,075	0,095	0,14	0,22	0,41	0,82
α_i	0,064	0,064	0,17	0,18	0,22	0,25	0,25	0,23
A_{Li}	204,93	204,93	544,34	576,38	704,44	800,5	800,5	736,46
α_l	0,23	0,21	0,32	0,33	0,43	0,51	0,51	0,46
B_l	1466,1	1303,7	2256,4	2461,0	3667,4	5001	5001	4113,8
$B_l/S_{озор}$	0,3	0,27	0,46	0,51	0,76	1,3	1,3	0,84
ψ	1,0	1,0	0,96	0,92	0,84	0,82	0,7	0,55
ψ_l	0,77	0,79	0,68	0,66	0,58	0,51	0,51	0,54
$\Delta L_{розрах}$	4,5	6,0	8,0	7,0	7,5	7,0	4,0	0,2
$L_{розрах} = L_{факт} - \Delta L_{розрах}$	94,5	85	78	72	71,5	55	47	48,8

Характеристика шумопоглинаючих панелей

Назва елемента панелі	Характеристика
Місце розташування	За будівлею насосної повітродувної станції
Передня стінка	Виконана з алюмінієвого або оцинкованого листа товщиною 0,7 – 1 мм, додатково обробленого тришаровим захисним покриттям та пофарбованого порошковим методом з одного боку. Для ефективного поглинання шуму передня стінка є перфорованою.
Звукоізолюючий мінеральний матеріал	Товщина 50 мм. Даний матеріал захищений з фасадної сторони гідроізоляційною мембраною, яка не допускає потрапляння вологи в середину, водночас, випускаючи вологу назовні. Містить прошарок повітря.
Задня стінка	Виконана з алюмінієвого або оцинкованого листа товщиною 0,7 – 1 мм. Додатково обробленого тришаровим захисним покриттям та пофарбованого порошковим методом з одного боку.
Торцевий профіль	Виконаний з алюмінієвого або оцинкованого листа товщиною 0,7 – 1 мм. За побажанням замовника може бути оброблений тришаровим захисним покриттям та пофарбованого порошковим методом з одного боку.
Висота панелей	становить 500 мм.
Довжина панелей	може становити від 2000 до 6000 мм в залежності від зони монтажу та вітрових навантажень.
Товщина панелей	може становити від 120 до 160 мм.

Графічне зображення встановлення шумозахисних панелей



Порівняльна таблиця собівартості очищення стічної води

№	Статті калькуляції	Прототип	Проектна
		Сума, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4
1	Напівфабрикати і сировина	6541300,7	6541300,7
2	Природний газ	143488800,0	143488800,0
3	Електроенергія силова	344191,35	679011,97
4	Електроенергія для освітлення	475266,96	475266,96
5	Основна заробітна плата	12354546,48	12354546,48
6	Додаткова зарплата	1228425,84	1228425,84
7	Витрати на охорону праці	1235454,65	1235454,65
8	Відрахування на соціальне страхування	494181,86	494181,86
9	Вартість будівель та споруд	9130000,0	9130000,0
10	Вартість обладнання	42922,0	2114442,0
11	Амортизація будівель та споруд	323525	323525
12	Амортизація обладнання	5853,0	258633,0
13	Поточний ремонт обладнання та транспортних засобів	1278852,6	1278852,6
14	Поза виробничі витрати (спец. одяг та харчування)	3104,8	3104,8
15	Відшкодування зношування , інвентарю, досліди	206074,22	206074,22
	Повна собівартість	177180442,66	179811620,08
	Собівартість 1м ³	4,85	4,92