

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА

НУБІП України

РОБОТА

02.01 – МКР 786 «С» 2022 11.07.22 030. ПЗ

ПРИЙМАК МАКСИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

НУБІП України

2022

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.3:631.24(477.81)

ПОГОДЖЕНО

Директор Інституту енергетики,
автоматики і енергозбереження

Каплун В.В.

(підпис)

« ___ » _____ 2022 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

Окушко А.В.

(підпис)

« ___ » _____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**ОБРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ
ОЗОНУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ПЕРЕРОВНИХ
ПІДПРИЄМСТВ**

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Магістерська програма / Енергоінжиніринг / Електротехніка та
електротехнології /

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

Савченко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

д.т.н., проф...
(науковий ступінь та вчене звання)

Червінський Л. С.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

(науковий ступінь та вчене звання)

Приймак М.О.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
електротехнологій

к.т.н. доц

Окушко О.В.

(підпис)

2022 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Приймаку Максиму Олександровичу

Спеціальність

141 – електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

Освітня програма

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Магістерська програма

Енергоінжиніринг

Електротехніка та

електротехнології

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: *Обґрунтування електротехнічного комплексу озонування в технології очищення стоків переробних підприємств*
затверджена наказом ректора НУБІП України від 11.07.22 № 786 "С"

Термін подання завершеної роботи на кафедру 12.11.2022

Вихідні дані до магістерської роботи

«Правила устрою електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз способів очищення стічних вод переробних підприємств
2. Обґрунтування електротехнологічної системи очищення води методом озонування та розрахунок її основних елементів
3. Екологічна та технічна безпека електротехнологічного комплексу озонування стічних вод
4. Висновки та пропозиції по магістерській роботі

Дата видачі завдання 11.07.2022 р.

Керівник магістерської роботи, проф.

Черв'їнський Л.С.

(підпис)

(підпис)

ПЕРЕЛІК СИМВОЛІВ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ВУФ – вакуумний ультрафіолет

ВЧ – високі частоти

ГВС – галогеновмісні сполуки

ГДК – гранично допустима концентрація

ГЗЕ – граничні значення експозицій

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота

ДВН – джерело високої напруги

ЕПРА – електронний пускорегулюючий апарат

ЗКБ – загальні колиформні бактерії

ЗМЧ – загальне мікробне число

ККД – коефіцієнт корисної дії

КУО – колонієутворюючі одиниці

КО – концентрація озону

МДО – Мінімальна доза озону

МЕК – Міжнародна електротехнічна комісія

НВЧ – надзвичайно високі частоти

НДР – науково-дослідна робота

НЧ – низькі частоти

ОУ – опромінювальна установка

ПРА – пускорегулюючий апарат

СВД – світловиpromінювальні діоди

ТКБ – термотолерантні колиформні бактерії

ТУ – технічні умови

НУБІП України

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки на 65 сторінках. Містить 8 таблиць, 10 рисунків.

Актуальність. У системах водопостачання сільських населених пунктів, у яких використовують підземні або річкові води, зазвичай передбачають знезараження води та очищення, а в разі невідповідності якості води вимогам стандарту на воду – також знезалізнення, знефторювання, очищення від сірководню, пом'якшення, опріснення і т. ін.

Внаслідок промислової діяльності в Україні діє понад 2,8 тис. очисних споруд із самостійним випусканням стічних вод у водні об'єкти. Серед них споруд біологічного очищення – 60%, механічного – 35%, фізико-хімічного – 5%. Понад 300 міст мають споруди повного біологічного очищення. Тому підвищення ефективності очищення стічних вод є актуальним

- **Мета дослідження** – обробка стічних вод із метою руйнування або видалення з них шкідливих речовин, досягнення високої якості очищення для повторного використання очищеної води або внеможливлення забруднення природних водойм.

- **Об'єкт дослідження** – процес озонування в технології очищення промислових стоків в електротехнічних системах очистки.

- **Предмет дослідження** – закономірності фізико-хімічного впливу озону на ефективність очистки і знезараження промислових стоків переробних підприємств

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Види забруднень технологічних рідин в процесах переробки	9
1.2 Аналіз основних шляхів очищення стічних вод	11
1.3 Характеристика озонування як методу очищення води та порівняння його з хлоруванням	13
1.3.1 Фізико-хімічні і біологічні властивості озону	16
1.3.2 Хімічні властивості озону	18
1.3.3 Біологічні властивості озону	19
1.3.4 Отримання озону	22
1.3.5 Технологічні застосування озону	23

РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МЕТОДОМ ОЗОНУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЇЇ

ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

2.1 Вимоги до процесу озонування та щодо елементів, що входять до системи озонування	26
2.2 Обґрунтування вибору типу генератору озону	30
2.2.1 Електросинтез озону	34
2.2.2 Вибір і обґрунтування джерела живлення озонаторів електричним струмом	40
2.2.3 Обґрунтування і розрахунок установки для підготування повітря, що потрапляє в озонатор	46
2.2.3.1 Вплив вологості повітря на дію генератору озону	48
2.2.3.2 Розрахунок установки для підготування повітря, що потрапляє до озонаторів	54
2.2.3.3 Розрахунок контактної камери барботажного типу	58

РОЗДІЛ 3 ЕКОЛОГІЧНА ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ОЗОНУВАННЯ СТІЧНИХ

ВОД	60
-----	----

ВИСНОВКИ	68
----------	----

ЛІТЕРАТУРА	
------------	--

ВСТУП

В Україні діє понад 2,8 тис. очисних споруд із самостійним випусканням стічних вод у водні об'єкти. Серед них споруд біологічного очищення – 60%, механічного – 35%, фізико-хімічного – 5%. Понад 300 міст мають споруди повного біологічного очищення .

Очищення стічних вод – обробка стічних вод із метою руйнування або видалення з них шкідливих речовин, що проводиться механічними, хімічними, фізико-хімічними та біологічними методами, коли ж вони застосовуються разом, то досягається висока якість очищення. Застосування

того чи іншого методу в кожному конкретному випадку визначається характером виробничих процесів, ступенем шкідливості домішок, складом забруднень. Очищення стічних вод може виконуватися за різними схемами, які забезпечують різну ефективність очищення. Усі методи очищення стічних

вод, які використовуються в даний час, поділяють на: механічні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні (біохімічні). Окрім того, для знищення бактеріального забруднення використовують знезараження стічних вод. Залежно від місця скидання (водойми рибогосподарського призначення) використовують різні схеми очищення стічних вод .

Механічне Очищення застосовують для стічних вод, що містять завислі, плаваючі та грубоемільговані тверді і рідкі нерозчинні забруднювальні речовини. Зазвичай механічне очищення служить для вилучення зі стічних вод в основному мінеральних забруднень . В процесі

вироблення м'ясопродуктів на всіх стадіях виробництва неодмінною складовою виробництва є використання води. В зв'язку із світовою кризою, а також із зниженою якістю води в міських мережах необхідно економити питну воду та при

можливості спрямовувати її на вторинну обробку та очищення. В процесі вироблення м'ясопродуктів на всіх стадіях виробництва неодмінною складовою виробництва є значне використання води і є важливим її повторне використання після очищення.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Види забруднень технологічних рідин в процесах переробки .

Механічні методи очищення стічних вод (відстоювання, фільтрація, гідроциклонування) спрямовані на вилучення лише нерозчинних домішок. Недоліки таких підходів – слабкий вплив на відхилення показників якості води, які викликані розчинними забруднювачами (корегування рН, зміна сольового складу), та наявність елементів, які забиваються і потребують відновлення властивостей (фільтри) [23]. Кращий ефект механічного очищення стічних вод досягається шляхом інтенсифікації гравітаційного відстоювання – преаерацією, біокоагуляцією, використанням хімічного підсилення процесів агрегатоутворення завдяки використанню коагулянтів і флокулянтів, висвітленням у підвішеному шарі (відстійники-освітлювачі) або в тонкому шарі (тонкошарові відстійники), а також за допомогою гідроциклонів [24; 25].

Біологічні методи Зазвичай біологічний метод передбачає очищення у штучних або природних умовах із метою зниження показників забруднення за такими лімітуючими показниками, як біохімічне споживання кисню, азот.

Найпростішим, відомим і поширеним методом очищення є фільтрування. Прості фільтри побудовані на фільтруванні через дрібні металеві або неметалічні сітки, волокно і т. п. одноразового використання, тобто до засмічення. Після засмічення вони перестають працювати і навіть можуть внести забруднення, що накопичилися, у воду. Складніші фільтри припускають фільтрування через різні речовини: кварцовий пісок, активоване вугілля, спеціальні суміші для знезалізнення і зм'якшування. Ці фільтри багаторазового використання і для видалення забруднень, що накопичилися, і відновлення властивостей фільтруючого матеріалу вимагають промивки зворотним потоком води або спеціальним складом.

Фільтрація сама по собі не в змозі глибоко очистити воду, а тим більше поліпшити її смакові якості і забезпечити знезараження. Для цього потрібна додаткова реагентна дія і, бажано, найприродніша, найближча до природних процесів. Існують багато способів очищення стічних вод виробництва. Серед них є й хімічні методи. Всі вони пов'язані з витратами різноманітних реагентів і тому достатньо дорогі. Їх застосовують для видалення розчинних речовин в замкнених системах водопостачання, а іноді і для додаткового очищення стічних вод до або після біологічного очищення. Але такий спосіб знезаражування води, як хлорування, може мати негативні наслідки та не забезпечувати необхідного ступеню очищення.

Природні процеси очищення води пов'язані з насиченням води киснем повітря і фільтруванням через поверхню. Процеси ці дуже повільні, але тому така смачна джерельна вода, що вона пройшла через дві основні стадії очищення: окислення і фільтрування. амонійний, нітрити, нітрати, фосфор. Процеси біологічного очищення пов'язані з деструкцією органічних і синтетичних речовин унаслідок взаємодії із групою мікроорганізмів, тобто полягають в окисленні мікроорганізмами органічних речовин, що містяться у стічних водах у вигляді дрібних суспензій, колоїдів та розчинів.

1.2 Аналіз основних шляхів очищення стічних вод.

Споруди, які служать для біологічного очищення стічних вод, поділяють на дві групи.

До першої належать споруди, в яких біологічне очищення проводиться в умовах, близьких до природних (поля зрошення, поля фільтрації та очисні біологічні водойми).

У другій групі споруд очищення проводиться у штучно створених умовах (біологічні фільтри й аеротенки). У спорудах першої групи стічні води очищаються досить повільно завдяки запасу кисню у ґрунті та воді очисних біологічних водойм, а також унаслідок життєдіяльності мікроорганізмів-мінералізаторів, що окислюють органічні забруднення. У

спорудах другої групи у штучно створених умовах процеси очищення стічних вод протікають значно інтенсивніше [26]. Для досягнення кращого результату вказані методи комбінуються.

Сучасні системи очистки води є багатоступневими, у кожній їхній ланці застосовують послідовно різні методи очищення води від забруднень [27]. Аеробне очищення, застосоване для харчових підприємств, забезпечує високий ступінь очищення стічної води, яка характеризується невисоким (до 2 000 мг/л) значенням ХСК. Для більш концентрованих за ХСК стічних вод використовують комбінацію анаеробних методів (метанового бродіння) з доочищенням аеробними методами [3].

1.3. Хімічні методи очищення стоків переробних підприємств

Хімічні методи очищення засновані на застосуванні реагентів із метою нейтралізації стічних вод; окислення (відновлення) домішок до нетоксичних або малотоксичних речовин; перетворення домішок на нерозчинні компоненти. Зазвичай хімічний метод полягає в тому, що у стічні води додають різні хімічні реагенти (кислоти, луги, сильні окиснювачі, наприклад, хлор), що вступають у реакцію із забруднювачами, окислюють їх або осаджують їх у вигляді нерозчинних осадів. Хімічним очищенням досягається зменшення нерозчинних домішок до 95% і розчинних до 25% [28; 29]. До цих методів можна віднести також процеси електрохімічного окислення домішок на аноді і катодного відновлення цінних речовин, що містяться в стічних водах [30]. В Україні для знезараження стічних вод від патогенних мікроорганізмів найбільш поширений метод оброблення стічних вод хлором, але європейські країни все частіше відмовляються від нього, віддаючи перевагу обробці озonom, ультрафіолетом, ультразвуком та комбінованими методами. Сьогодні практично остаточно відмовилися від застосування хлору в Німеччині, Великобританії та Сполучених Штатах Америки [31; 32]. Хлорвміщуючі реагенти мають низку істотних недоліків [33]. Взаємодія хлору з органічними речовинами, що містяться у стічних

водах, призводить до утворення хлороформу (клас небезпеки 2), чотирьохлористого вуглецю (клас небезпеки 2), бромдихлорметану (клас небезпеки 2), дибромхлорметану (клас небезпеки 3), бензопірену, які мають мутагенні та канцерогенні властивості. Літературні дані свідчать про те, що гігієнічних критеріїв ефективності процесу (дози активного хлору 3–5 мг/дм³, експозиція 30 хвилин і залишковий активний хлор 1,5 мг/дм³), регламентованих СНП 2.03.04–85 [34], у деяких випадках недостатньо для надійного знезаражування стічних вод від кишкових бактерій і вірусів.

Використання із цією метою підвищених доз активного хлору є небажаним.

Крім того, цей метод пов'язаний із необхідністю дотримання правил безпеки під час збереження, транспортування і застосування хлору [32].

2.4. Фізико-хімічні методи

Фізико-хімічні методи очищення води використовують для знезараження рідини та ліквідації органічних частинок, що утворюють дрібнодисперсні та колоїдні маси в каналізаційних системах, використовуються для видалення тонкодисперсних, розчинених неорганічних і органічних речовин. Вони ґрунтуються на фільтрації, гіперфільтрації, агрегатоутворенні та деструкції, що дозволяє позбутися небажаних іонів і кислот.

Найбільш поширені сучасні методи очищення стічних вод, що належать до даної категорії: електрокоагуляція, електроліз, флокуляція, іонообмінний метод, коагуляція, сорбція [35]. Серед фізико-хімічних методів поширене очищення стічних вод із використанням коагулянтів і флокулянтів [6; 7; 8; 9]. Флокуляція та коагуляція викликають взаємодію хімічних елементів із колоїдними та дрібнодисперсними домішками. Вони вступають у реакцію, після чого у воді з'являються пластівці, які механічно видаляються або відфільтровуються [27]. Методи очищення промислових стічних вод із застосуванням коагулянтів і флокулянтів дозволяють видаляти до 97–98% колоїдних і високодисперсних домішок зі стічних вод, на сьогодні вони є одними з найбільш ефективних [40; 41; 42; 43].

Терміни «коагуляція» і

«флокуляція» часто взаємозаміняють один одного, проте для того, щоб отримати більш точне уявлення про процеси освітлення та везалізації, варто розглядати їх як два різних механізми [14]. Флокулянти (існує приблизно 800 різних флокулянтів) можуть бути об'єднані у 3 окремі категорії: неіоногенні; аніонні; катіонні [25]. Неіоногенні марки флокулянтів – технічно чистий поліакриламід. Його виробляють шляхом кополімеризації моноакриламіда і солей акрилової кислоти.

Аніонні флокулянти особливо ефективні під час оброблення дисперсних систем із негативно зарядженими колоїдними частинками.

Більшість органічних колоїдів мають негативний заряд. Катіонні флокулянти – для оброблення дисперсних систем із позитивним зарядом. Неорганічні колоїди зазвичай мають позитивний заряд, наприклад, колоїдний гідроокис заліза. Механізм дії катіонних і аніонних флокулянтів полягає у фіксуванні дестабілізованих частинок (заряджених) і об'єднанні їх уздовж полімерного ланцюга [46]. Коагулянти дестабілізують колоїдну систему шляхом нейтралізації сил різної природи (заряд подвійного електронного шару), що забезпечують її стійкість, утворюючи агрегати у вигляді дрібних пластівців.

Флокулянти збільшують розмір пластівців, що утворилися під час коагуляції.

Завдяки тому, що флокулянт утворює зв'язок між злиплими колоїдними частинками, формуються великі, легко осідають флокули [47]. Тому процеси коагуляції та флокуляції часто комбінують. Серед наявних сучасних методів очищення стічних вод харчової промисловості найбільш ефективним можна вважати фізико-хімічний метод зі застосуванням коагулянтів та флокулянтів.

Цей метод у комбінації з механічною очисткою утворених агрегатів (пластівців, флокул) дозволяє забезпечити високий ступінь очищення від нерозчинених домішок, зважених речовин, що містяться у високих концентраціях і характерні для підприємств даної галузі.

Перспективним методом підвищення рівня екологічної безпеки підприємств харчової та переробної галузі є створення замкнених

водооборотних схем та повторного використання очищеної води у виробництві, наприклад, для миття овочевої продукції. Для цього необхідне створення систем очищення води, які забезпечуватимуть достатню для повторного використання якість очищення. Обґрунтування вибору методу очищення води конкретного підприємства залежить головним чином від складу забруднюючих її речовин, у кожному випадку потребує експериментальних досліджень ефективності використання конкретного методу очистки, видів та доз реагентів тощо.

1.3 Характеристика озонування як методу очищення води та порівняння його з хлоруванням

Сучасні технології дозволяють значно прискорити ці процеси. Інтенсифікація процесу окислення домішок досягається використанням найсильнішого і у той же час природної речовини - озону.

Як самостійна речовина озон був виділений в 1840 р. Він є трьохатомною модифікацією кисню - O_3 - і за рахунок додаткового атома кисню надзвичайно активний в реакціях окислення. Висока окислююча здатність є однією з основних його хімічних властивостей. Він переводить в оксиди всі відомі метали, за винятком золота і платини, а також більшість органічних і неорганічних сполук. У природі озон виникає з кисню при додатковій енергетичній дії, наприклад, від розряду блискавки, чому його іноді називають "газ грози", а також при окисленні органічних речовин. У верхніх шарах атмосфери виникнення озону обумовлене впливом сонячної активності на кисень повітря. У побуті зараз найпоширенішим "میمовільним" виділенням озону можна рахувати роботу копіювальної техніки.

Тому пропонується застосовувати озонування води як спосіб покращення води з багатьох точок зору.

В різних літературних джерелах озонування води часто розглядається тільки як один із способів знезараження, що не має недоліків, які властиві іншим методам очищення води від бактеріальних забруднень. Озонування засновано на високій окислювальній здібності озону, який при нормальній температурі знищує

більшість органічних компонентів стічних вод.

При цьому одночасно відбуваються знеколювання і знезараження стічної води, а також насичення її киснем, що повертає очищеній воді одну з основних властивостей, що характеризує чисті природні джерела.

У відповідності з точкою зору, що озонування не має іншої мети, окрім знезаражування води, цільове призначення озонування обмежується лише абіотичною дією озону. Між тим озон завдяки своїй окислювальній спроможності проявляє дуже цінні додаткові впливи на оброблювану воду, які перераховані вище.

В деяких випадках озонування може бути використане з головною метою усунення неприємних присмаків і запахів води забруднених вод.

Озонування дозволяє також видаляти з води залізо і марганець, коли деферизація і деманганация за допомогою загальновідомих методів не дає достатньо задовільних результатів.[1]

До основних шляхів очищення стічних вод відносяться розрідження стічних вод і очищення їх від забруднень. Розрідження є паліативним заходом, що не ліквідує впливу стічних вод, а лише ослаблює його на локальній ділянці водойми.

Основними методами очищення стічних вод є рекуперативні і деструктивні. Рекуперативні методи характеризуються видаленням із стічних вод всіх цінних речовин і їх переробка. Деструктивні методи полягають в зруйнуванні забруднюючих речовин шляхом їхнього окислення або відтворення, в результаті чого утворюються гази або осадки.

Класифікація методів очищення стічних вод наведена на рисунку 1.1.

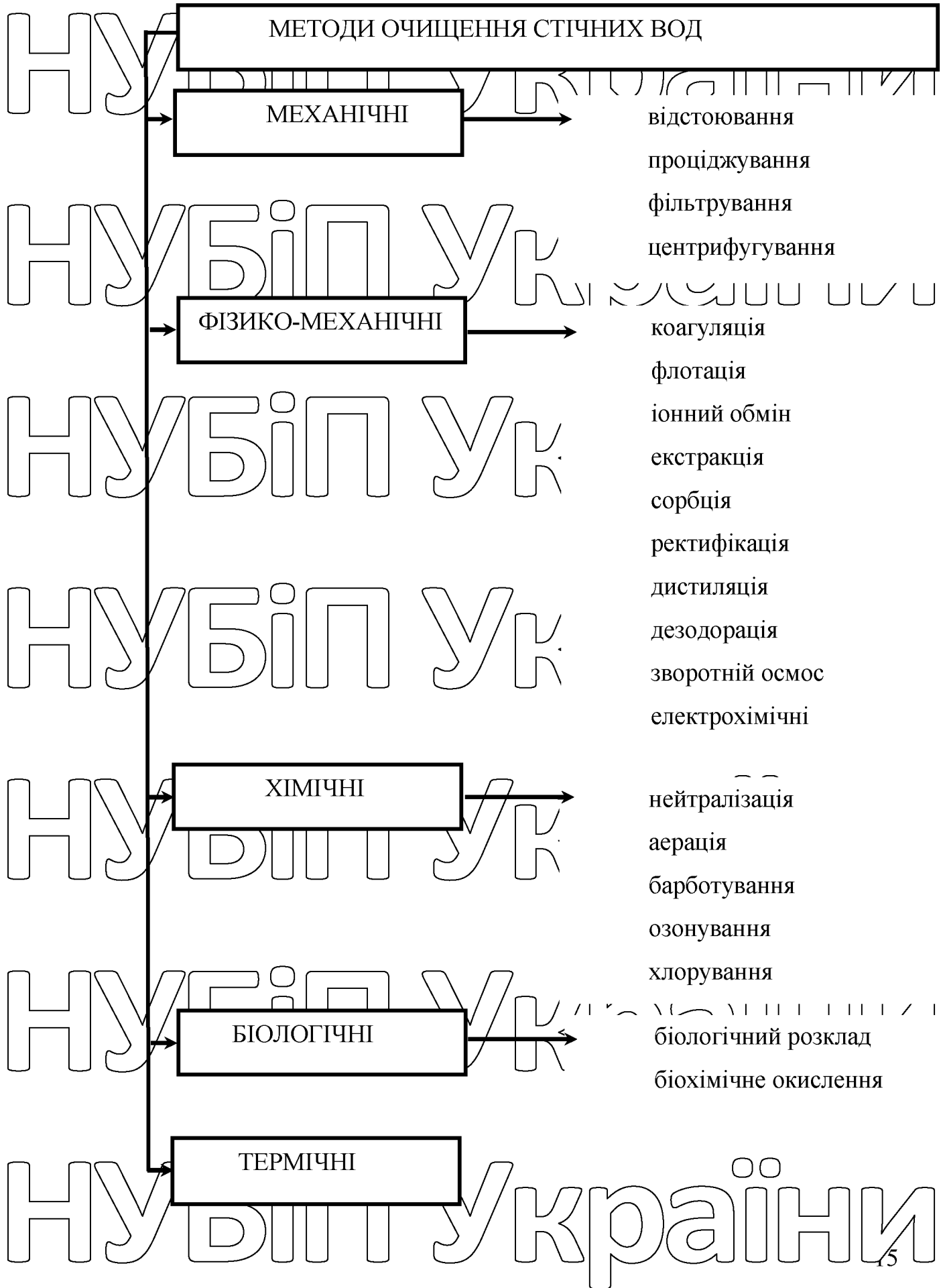


Рисунок 1.1. Класифікація методів очищення стічних вод

На м'ясопереробних підприємствах застосовують переважно механічні методи очищення стічних вод.

На території м'ясокомбінату стічні води повинні проходити очищення від грубих домішок, жирів, каниги, гною.

Для затримки великих відходів на випусках забруднених нежирних стоків установлюють механічні чи ручні ґрати, решітки-дробарки, а також перфоровані самоочисні жолоби.

На зажирених стоках м'ясо-жирового, ковбасного, консервного цехів установлюють внутріцехові жироловки, розраховані на короткочасне перебування (9...10 хв) стічних вод. Число, тип, місце розташування цих жироловок визначаються місцевими умовами. Остаточне локальне очищення зажирених стоків повинні проводитися в центральній (двірській) жироловці до їхнього об'єднання з виробничими нежирними стоками.

Центральні жироловки, що є на більшості підприємств м'ясної промисловості, улаштовують після ґрат і пісколовок, вони працюють за принципом гравітаційного відстоювання. Для більш ретельного очищення від жиру можуть бути застосовані флотаційні чи установки фільтри.

Найбільш брудні стічні води надходять із передзабійних загонів, з цехів забою худоби й оброблення туш, обробки кишок, кормових і технічних продуктів.

У каналізацію також скидаються бульйони, що утворюються після варіння окостів, субпродуктів, витоплювання кісткового жиру, стерилізації умовно придатного м'яса. Зміст жирових відходів у 1 м³ стічних вод може коливатися від 0,5 до 2,5 кг.

За допомогою механічного очищення зі стічних вод витягають нерозчинні осідаючі і спливаючі забруднення. Механічне очищення необхідне для попередження засмічення каналізаційних трубопроводів відходами у великій кількості, що утрудняють наступне біологічне очищення (пісок, гній, канига, бій скла, кіста, вовна, пух, перо, частки м'яса, жиру). Крім того, більшість каналізаційних відходів після відповідної обробки може бути утилізовано. Жир може бути виділений зі стічних вод

різними способами: відстоюванням (спливанням), флотацією (штучне насичення води повітрям), електрофлотацією, сепаруванням. Флотацію застосовують для прискорення спливання жирових часток.

У процесі біологічного очищення стічні води очищають від органічних домішок, що знаходяться в зваженому, розчиненому і колоїдному стані (бульйони, кров).

Біологічний метод очищення заснований на здатності різних мікроорганізмів використовувати для свого розвитку вуглеводи білки, спирти, органічні кислоти, що містяться в стічних водах. При цьому в результаті аеробного біохімічного процесу органічні забруднення інтенсивно окислюються, мінералізуються, випадають в осад, і утворюється прозора незагойна рідина, що містить розчинений кисень і придатна для скидання у водойму.

Очищені стічні води перед скиданням у водойму знезаражують для знищення патогенних мікроорганізмів. Для дезінфекції використовують рідкий хлор, розчин хлорного вапна (гіпохлорит кальцію) чи гіпохлорит натрію, можлива дезінфекція стічних вод електроіскровими розрядами й озonom.

Хлорування руйнує будь-які мікроорганізми, що залишилися після фільтрування через пісок. Хлор також взаємодіє з аміаком, який може міститися в воді.

Хлор додається з надлишком у порівнянні з рівнем, при якому гинуть всі мікроорганізми, а також рівнем, необхідним для взаємодії з присутнім в воді аміаком. Це призводить до появи „вільного” (що не прореагував) хлору в розчині. В результаті хлорування в воді може виникнути невелика кількість хлорованих вуглеводнів, частина яких має канцерогенні властивості.

Озонування, як і хлорування, здійснюється шляхом простого контакту води з газом. На відміну від хлорування, при якому хлор може з'єднуватись з вуглеводнями, що містяться в воді, при озонуванні хлорованих вуглеводнів не виникає, навпаки, озон може руйнувати присутні в воді вуглеводні шляхом їхнього окислення. Озон сам по собі ефективний при знеколюванні води і не створює стороннього смаку і запаху. Однак при озонуванні в обробленій воді не залишається ніяких слідів вільного озону, навіть

при його надлишковій кількості. Тобто неможливо швидко посвіднитися в повному знищенні всіх вірусів і бактерій, що містяться в воді, як при хлоруванні.

Друга причина – продукти реакції озону з органічними речовинами, що містяться в воді, досі не ідентифіковані, хоча були знайдені альдегіди та інші прості органічні сполуки.

1.3.1 Фізико-хімічні і біологічні властивості озону

Озон - це друге відносно стійке з'єднання (алотропне) кисню. На відміну від молекули кисню, молекула озону складається з трьох атомів і має довші зв'язки між атомами кисню (довжина зв'язку в молекулі озону 128 А, тоді як довжина зв'язку в молекулі кисню 121 А)

Озон може існувати у всіх трьох агрегатних станах. За нормальних умов озон - газ голубуватого кольору. Температура кипіння озону рівна 112 °С, а температура плавлення - 192 °С. Слово озон в перекладі з латинського означає "пахучий" і ця назва дійсно відображає одну з особливостей озону оскільки його характерний запах виявляється вже при концентраціях 10-7%.

1.3.2 Хімічні властивості озону.

Слід зазначити перш за все дві основні властивості озону: ○○

1. Озон на відміну від кисню є нестійким з'єднанням. Він мимовільно розкладається при високих концентраціях, причому чим вище концентрація, тим вище швидкість реакції розкладання. При концентраціях озону 12 - 15 % озон може розкладатися з вибухом. Слід також відзначити, що процес розкладання озону швидшає із зростанням температури, а сама реакція розкладання $2\text{O}_3 = 3\text{O}_2 + 68 \text{ ккал еквотермічна}$
2. Озон є одним з сильних природних окислювачів. Окислювальний потенціал озону складає 2,07 eВ (для порівняння у фтору 2,4 eВ, а у хлору 1,7 eВ). Озон окисляє всі метали за винятком золота і металів платинової групи.

1.3.3 Біологічні властивості озону

Дія малими дозами озону надає профілактичну і терапевтичну дію і

починає активно використовуватися в медицині. Озон впливає на всі мікроорганізми руйнуючи мембрану і окисляючи протоплазму. При цьому слід зазначити, що концентрації озону, згубні для простих мікроорганізмів, на декілька порядків нижчі, ніж для більш високоорганізованих.

1.3.4 Отримання озону

Озон утворюється з кисню. Існує декілька способів отримання озону, серед яких найпоширенішим є електросинтез, при якому озон утворюється за допомогою електричного розряду. Цей метод поєднує в собі можливість отримання озону високих концентрацій, великою продуктивністю і відносно невисокими енерговитратами.

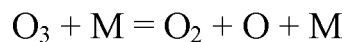
Основною реакцією є процес дисоціації молекули кисню при взаємодії з вільним електроном: $O_2 + e = O + O + e$.

Наступний етап полягає в утворенні молекули озону



в якій бере участь третя частинка М: молекула, іон, електрон або атом в нейтральному або збудженому стані.

Окрім утворення озону, відбувається розкладання молекул O_3 по реакції



Ця реакція йде тим інтенсивніше, чим вища температура газу.

В результаті проходження робочого газу через розрядну зону озонатора на виході виходить озono-повітряна або озono-киснева суміш з концентрацією озону до 10 г/м^3 , при цьому одержувана кількість озону залежить від перевищення інтенсивності освіти над інтенсивністю розкладання.

1.3.5 Технологічні застосування озону

Історично застосування озону почалося з установок по підготовці питної води, коли в 1898 році в місті Сан Мор (Франція) пройшли випробування першої досвідчено-промислової установки. Вже в 1907 році був побудований перший завод по озонуванню води в місті Бон Буаяж (Франція), яке обробляло 22500 кубічних метрів води з річки Вазюбі в добу для потреб міста Ніцци. У 1911 році

була пушена в експлуатацію станція озонування питної води в Санкт-Петербурзі.

У 1916 році діє вже 49 установок по озонуванню питної води

До 1977 року у всьому світі діє більше 1000 установок. В даний час 95% питної води в Європі проходить озонну підготовку. У США йде процес перекладу з хлорування на озонування. У Росії діють декілька крупних станцій (у Москві, Нижньому Новгороді і ряду інших містах). Прийняті програми перекладу на озонування ще декількох крупних станцій водопідготовки.

У останні 20 років області застосування озону значно розширилися і у всьому світі ведуться нові розробки. Слід звернути увагу на те, що такому

бурхливому розвитку технологій з використанням озону сприяє його екологічна чистота. У відмінності від інших окислювачів озон в процесі реакцій розкладається на молекулярний і атомарний кисень і граничні оксиди. Всі ці продукти, як правило не забруднюють навколишнє середовище і не приводять до утворення канцерогенних речовин, як наприклад при окисленні хлором або фтором.

З погляду екологічної безпеки і глибини дії озон не має собі рівних, оскільки:

- при озонуванні у воду не вноситься нічого стороннього, мінеральний склад і рН залишаються без зміни;

- надлишок озону через декілька хвилин перетворюється на кисень і не погіршує органолептичних властивостей;

- озон руйнує органічні речовини, сприяючи розвитку мікроорганізмів;

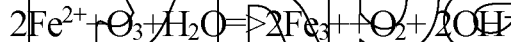
- при озонуванні пестицидів відбувається дезодорування з одночасним глибоким руйнуванням початкових з'єднань;

- правильно підібрані дози озону дозволяють видалити з води феноли, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, сірчисті з'єднання, сірководень;

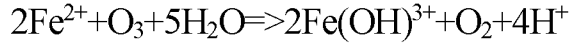
- озон ефективно окисляє з'єднання металів, в т. ч. залізо, марганець, алюміній і ін. Час окислення озону у декілька разів менше, ніж киснем або повітрям.

Доза озону: 0,44 г озона/г Fe заліза.

Рівняння реакції:



або



Згідно вищезазначеному рівнянню Fe^{2+} окислюється в Fe^{3+} , який може бути відфільтрований або осаджений. Графіки (рисунок 1.2) показують порівняння між звичною аерацією і окисленням озonom:

- озон, на відміну від хлора, не утворює канцерогенних органічних сполук;

- озонування звільняє воду від природних або внесених у воду промислових органічних речовин, що додають їй запах, присмак і кольоровість;

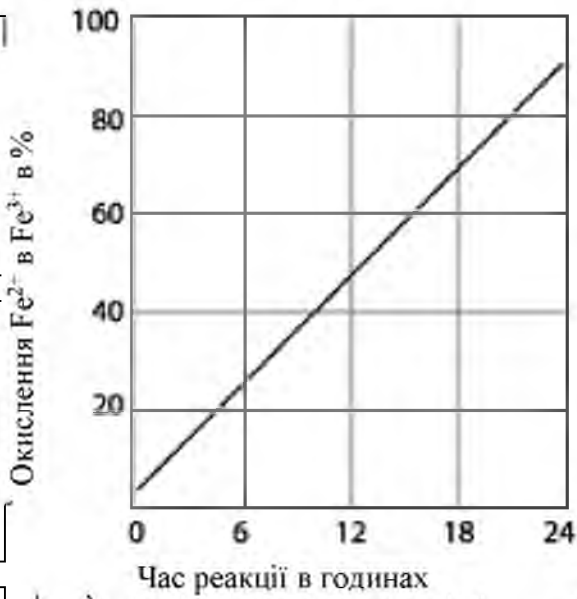
- озон володіє найбільшою знезаражувальною властивістю проти збудників вірусних захворювань і спорових форм, в т. ч. стійких до хлора.

Бактерицидні властивості води характеризуються окислювально-відновним потенціалом. Рівень окислювально-відновного потенціалу більше 700 мВ гарантує повне знезараження (рисунок 1.3).

Оскільки з одного боку постійне вимірювання змісту озону у воді - процес складний і дорогий, а з другого боку, озон значно впливає на величину окислювально-

відновного потенціалу, прийнято використовувати величину окислювально-відновного потенціалу як індикатор стерилізації. Звичайно при значенні 700 мВ досягається повна стерилізація води.

Окислення Fe^{2+} в мінеральній воді повітрям $t=22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $pH=5,9$



Окислення Fe^{2+} в мінеральній воді озоном $t=22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $pH=5,9$

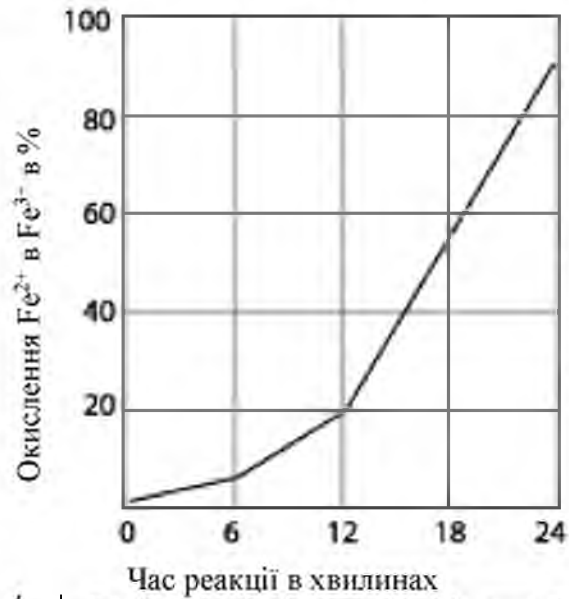


Рисунок 1.2 – Порівняльні характеристики між аерацією та окисленням озоном

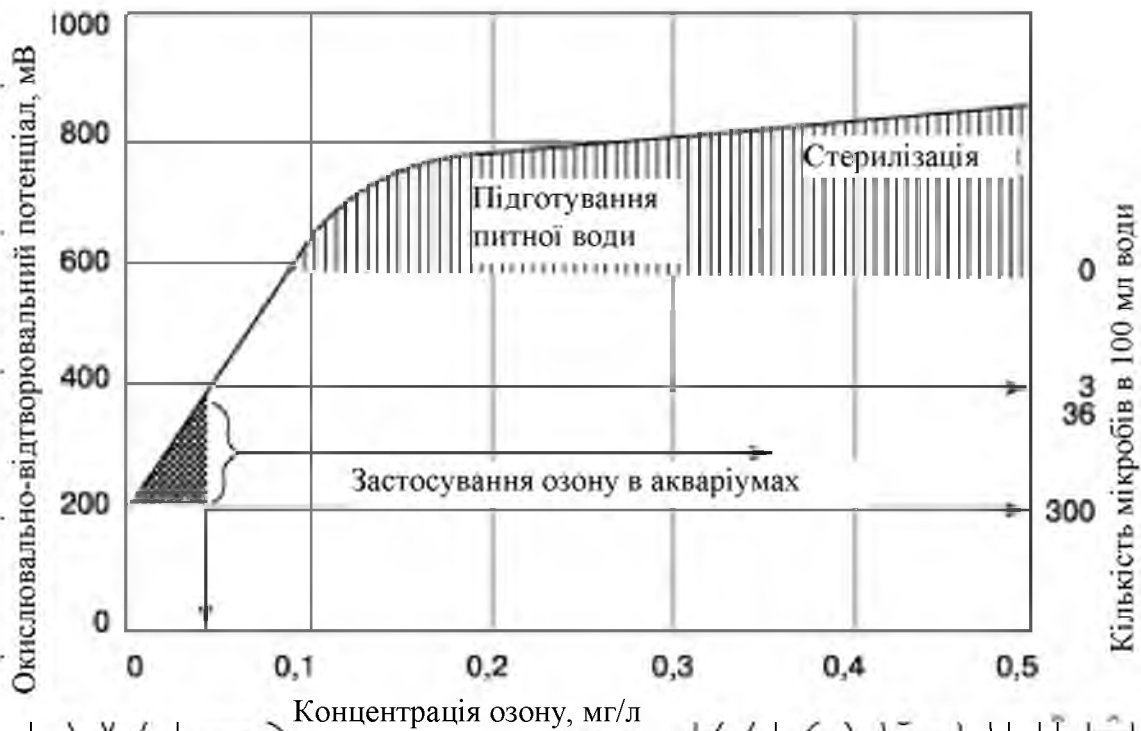


Рисунок 1.3 – Вплив окислювально-відтворювального потенціалу і концентрації озону на зміну кількості мікробів

Для досягнення одного і того ж значення потрібен значно більше хлору, ніж озону (рисунок 1.4).

Залежність потенціалу від концентрації озону

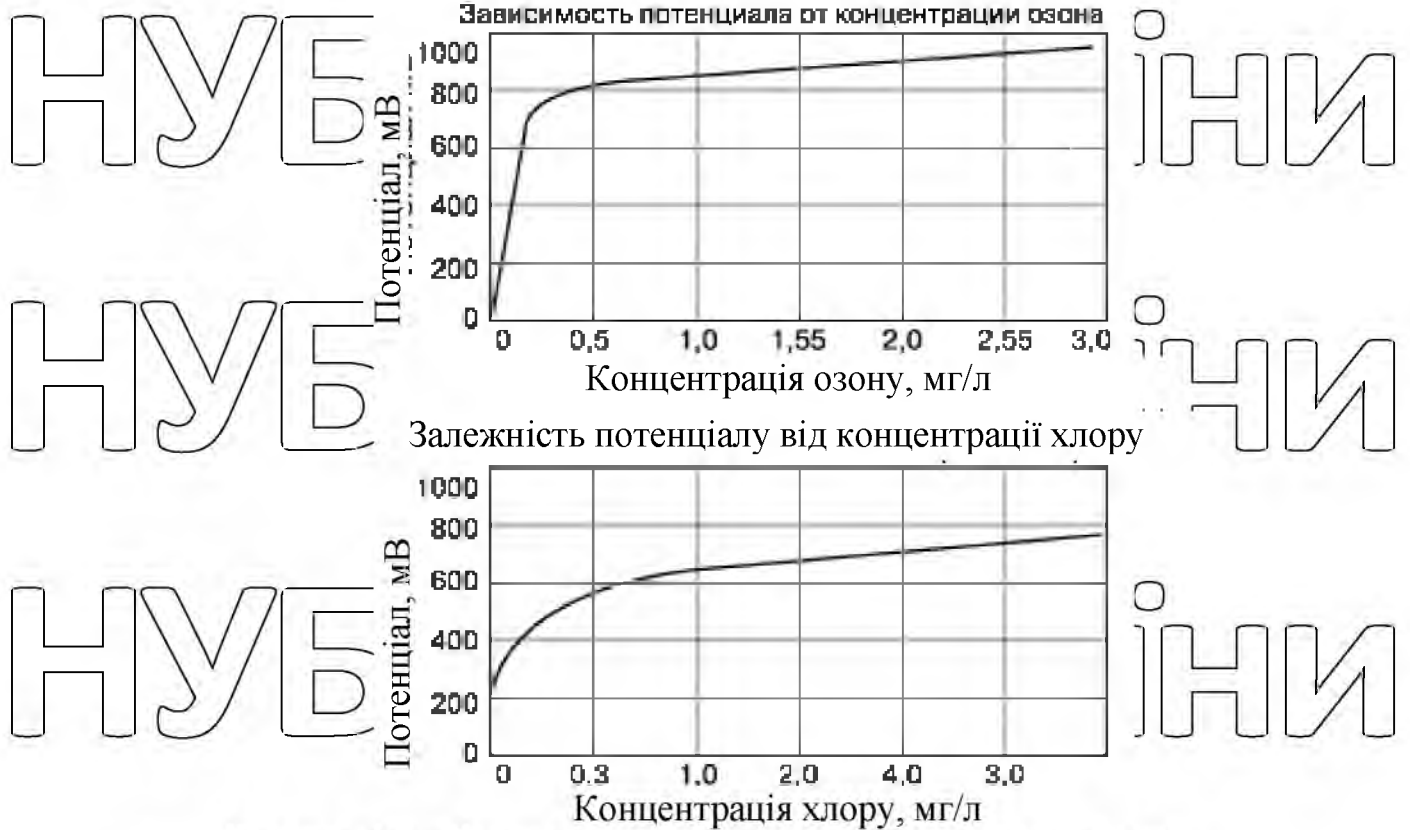


Рисунок 1.4 – Залежність потенціалу від концентрації озону

- озонування створює можливості комплексної обробки води і покращує основні органолептичні властивості (кольоровість, запах, присмак).

Але було б невірно показувати тільки переваги озону. Недоліки озонування наступні:

- через нестійку озон не може підтримувати бактерицидний стан води протягом тривалої дії, і тому необхідно виключити попадання забруднень в очищену воду, що реальне тільки на коротких водопровідних мережах;

- технологія озонування вимагає значно великих первинних капітальних витрат в порівнянні з іншими методами очищення, хоча і окупається протягом 5-8 років, т. до ніяких додаткових витрат на реагенти не вимагається;

- озон вимагає уважного відношення в експлуатації, всі трубопроводи повинні бути виконані з чистих неметалічних матеріалів.

Всім цим комплексом перерахованих переваг і недоліків обумовлена область застосування озонування.

РОЗДІЛ 2

ОБҀРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МЕТОДОМ ОЗОНУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЇЇ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

2.1 Вимоги до процесу озонування та щодо елементів, що входять до системи озонування

Процес озонування припускає використання наступного необхідного устаткування:

- озоногенератор для виробництва озону з навколишнього повітря;
- реактор (контактна камера) для забезпечення необхідного часу контакту озону з водою;
- система ежекції для введення озоноповітряної суміші у воду;
- прилади контролю озону у воді і в повітрі;
- деструкція для розкладання озону, що не прореагував з водою.

Приміщення, в якому встановлюється озонаторне устаткування, повинне добре вентилюватися і мати температуру не вище 25-28°C.

Сучасні системи озонування мають високий степінь автоматизації, малою енергоємністю і не вимагають особливої кваліфікації при обслуговуванні.

Після обробки озonom у воді утворюється певна кількість оксидів і зруйнованих речовин, які необхідно видалити. Робиться це на звичних фільтрах, заповнених кварцовим піском і (або) активованим вугіллям. Для якісного фільтрування не слід застосовувати високі швидкості фільтрації, необхідно дотримуватися рекомендацій старого, але надійного СНіПа 2.04.02-84, тим паче, що економія на вартості фільтрів незначна, а ефективність очищення може бути сильно понижена.

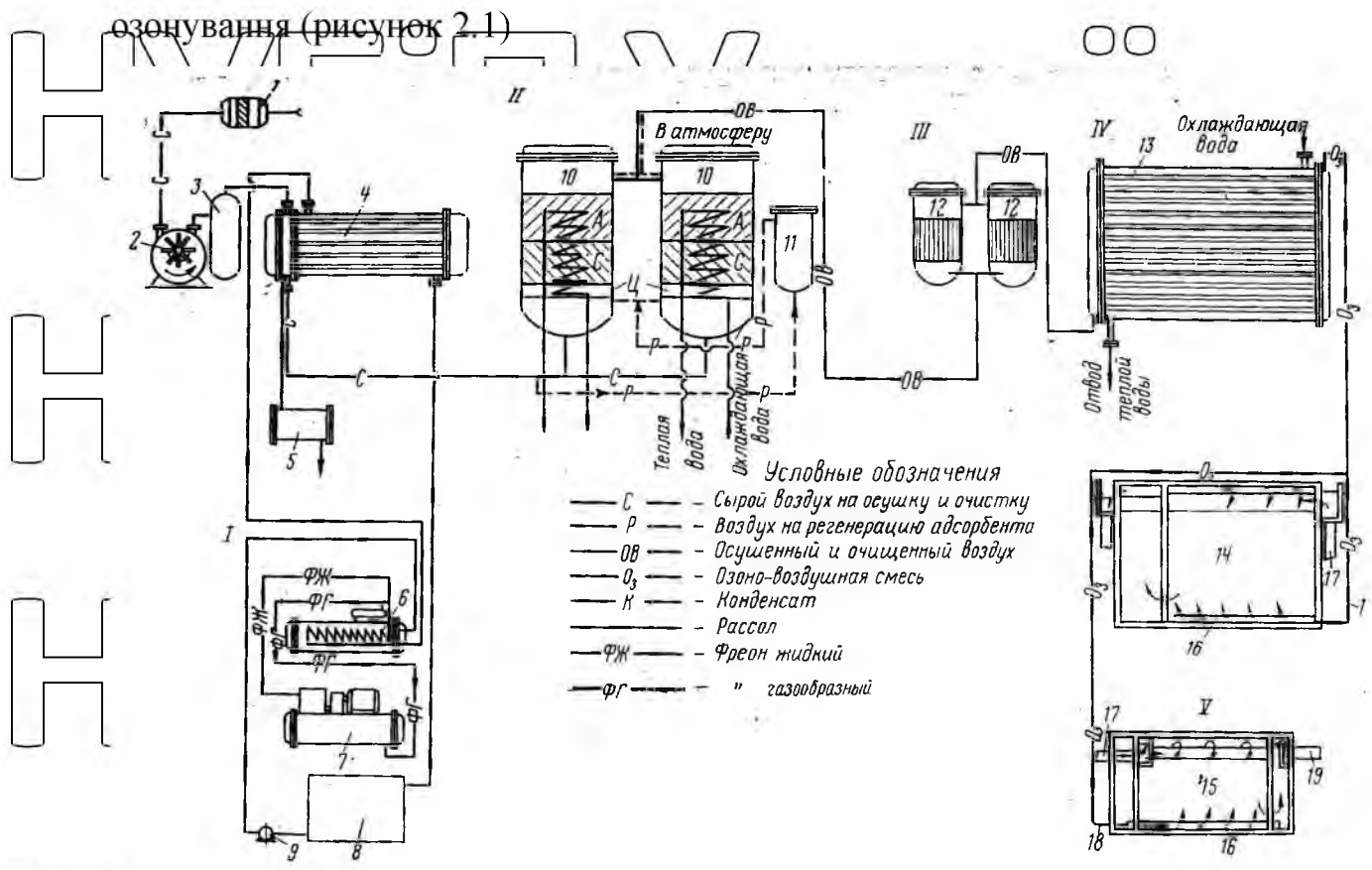
Озон, що отримується на виробничих установках, є нестійким газом, що значно розбавлений повітрям. З практичної точки зору, зберігати і транспортувати такий газ уявляється неекономічним і навіть ризикованим (озон не вибухає, якщо концентрація його в озono-повітряній або озono-кисневій суміші не перевищує 10%

або 140 г/м^3), враховуючи властиву озону вибуховість. Тому отриманий озон повинний одразу ж витрачатись. Найбільш економічний метод масового виробництва озону міститься в пропусканні повітря або кисня через електричний розряд високої напруги в генераторі озону або так званому озонаторі. Сировиною для виробництва озону можуть служити атмосферне або збагачене киснем атмосферне повітря або чистий кисень. Теоретична теплота для виникнення озону виражається величиною $139,4 \text{ кДж/моль}$. При споживанні повітря на виробництва озону витрати енергії в 2 рази більші. Ця енергія необхідна для іонізації і дисоціації молекул кисню.

Готовою продукцією є озоноване повітря, що містить до 5% озону (за вагою) або озонований кисень з вмістом до 10% озону (за вагою). Однак, хоча отримання таких концентрацій і є можливим, але звичайно не виправдовується з економічної точки зору. При самому дрібному перевищенні вказаних границь вихід озону падає до нуля. Це пояснюється тим, що в результаті електричного розряду не тільки отримується озон за рівнянням $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$, але може трапитися і руйнування озону за рівнянням $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$. При цьому швидкість зворотної реакції буде зростати пропорційно збільшенню концентрації озону. Як правило, на установках для знезаражування питної води через тихий електричний розряд пропускається кисень, який міститься в вільному стані в атмосферному повітрі.

Тобто в цих випадках сировина є „даровою”. Практично для виробництва озону з кисню потребується енергія, що дорівнює 1300 кДж/моль , при цьому 90% її розсіюється на тепловиділення. По цій причині найбільші концентрації озону в озono-повітряній суміші при температурі $25 \text{ }^\circ\text{C}$ не перевищують $20 - 25 \text{ мг/л}$, тобто $1,02 - 1,22 \%$ до обсягу повітря або $1,7 - 2,1 \%$ до його ваги.

При деяких процесах промислового хімічного окислення, що потребують великих кількостей озону високої концентрації, використовують чистий кисень. Приведені вище характерні особливості промислового виробництва озону потребують об'єднання в одній установці пристроїв: для отримання озону з повітря; для кондиціонування повітря; для змішування озону з водою, що знезаражується. Звідси витікає принципова технологічна схема установки для



Принципова технологічна схема озонуючої установки: I – блок отримання і охолодження повітря; II – блок сушіння повітря; III – блок пилових фільтрів; IV – блок озонаторів; V – контактні камери

Рис.2.1 Принципова технологічна схема установки для озонирования стоков переробних підприємств

Установка працює наступним чином. Атмосферне повітря пропускають через вісциновий фільтр 1 для очистки від пилу, після чого водокільцевою повітродувкою 2 через вологовідділювач (ресивер) 3 нагнітають на охолоджуючі пристрої. До їхнього складу входять: теплообмінник 4 з конденсатором-дводником 5 і фреонова холодильна установка, що складається з випарювально-регулюючого агрегату 7 і баку для розсолу 8 з циркуляційним насосом 9. Охолоджене і частково осушене повітря потрапляє в блок осушення, що складається з адсорберів 10 і повітрянагрівача 11, і пройшовши через пилові фільтри 12, спрямовується в генератори озону 13. Озон отримують під дією так званого "тихого" електричного

розряду, але не в чистому виду, а в суміші з повітрям. Концентрація озону в повітрі коливається від 4 до 20 г/м³.

Так як тихий електричний розряд супроводжується тепловиділенням, то передбачається водяне охолодження електродів озонатору. Подання напруги на озонатор призводиться від підвищуючого трансформатору за допомогою високовольтного кабелю.

Заключною операцією технологічного процесу є забезпечення дотикання озону і води, тобто швидке і повне змішування великих кількостей води з озонованим повітрям в спеціальній контактній камері. Озоноване повітря вводять в воду в один або два етапи. Тому можливе встановлення роздільних контактних камер, з яких одна служить для первинного озонування, а інша – для вторинного озонування [5].

Дифузія у вигляді дрібненьких пухирців в товщу води здійснюється за допомогою емульгатору, або через мережу дірчастих трубок 16, що розташовані у основі контактної камери.

В цьому випадку вода по трубці 17 поступає в камеру згори і зустрічається у протитоку з озono-повітряною сумішшю, що поступає знизу угору по трубці 18. Після вторинного озонування знезаражена вода спрямовується в резервуар чистої води по трубці 19.

Доза озону звичайно коливається від 0,8 до 4 г/м³ в залежності від якісних показників вихідної води.

Для контролю за якісним боком технологічного процесу обробки води служить вимірювальна апаратура, що виконує неперервний автоматичний запис дози озону, що поступає в повітря.

Можна виділити наступні положення автоматизації процесу озонування стічних вод.

Процес виробництва озону характеризується безперервністю і легкістю регулювання. Як відомо, одною з обов'язкових умов автоматизації є створення неперервності (або поточності) виробничого процесу.

Процес обробки води для питних потреб неперервний в силу своєї технологічної природи, так як обумовлений постійним потоком води. Те ж можна сказати і про потік повітря, що протікає через озонатор. Основне обладнання – озонатори – завдяки досконалості сучасних конструктивних рішень потребують лише періодичного огляду і очищення від пилу. Тривалість неперервної роботи озонатору знаходиться в залежності від якості матеріалу електродів і від ефективності пилозловлюючих пристроїв.

Озонатори сконструйовані в розрахунку на автоматизацію їхньої роботи, в процесі якої здійснюється постійний контроль за температурою і циркуляцією охолоджуючої води. При підвищенні температури вище за допустиму автоматично відключається електроживлення несправного блоку і подається сигнал диспетчеру.

Все сказане дозволяє застосувати комплексну автоматизацію процесів виробництва озону і введення його в воду і звести до мінімуму тривалість перебування обслуговуючого персоналу в приміщенні, в повітрі якого міститься хоча б невелика кількість озону. Начальний пуск озонуючої установки здійснюється звичайно з напівавтоматичним управлінням. Втручання людини потрібно тільки для вмикання агрегатів натиском на кнопки, після чого вся установка діє автоматично.

З повним успіхом може бути здійснена і автоматизація управління від будь-яких імпульсів з використанням поплавкових і манометричних реле або реле часу з годинниковим механізмом. В рівній мірі можливо застосувати і дистанційне автоматичне управління.

Оскільки крім основного обладнання – озонаторів – в склад установок входить ще і допоміжне обладнання, необхідно також забезпечити також безперебійність також і його дії.

В установці компримування повітря, що підготовлюється для виробництва озону, передбачається автоматичне управління послідовністю операцій з пуску і зупинки агрегатів. Крім того, забезпечується автоматизація випуску води з вологовідділювачу.

В холодильній установці в залежності від температури повітря, що виходить з

теплообміннику, автоматизується захист, контроль і сигналізація роботи компресорно-конденсаційних агрегатів і насосів для перекачування розсолу.

Термореле TP-I-01 автоматично контролює пуск і зупинку компресорів у відповідності з температурою розсолу, що проходить через теплообмінник.

У випадку порушення встановленого режиму для робочих і допоміжних агрегатів (перегрівання, неприпустима зміна тиску та ін.) автоматичний захист здійснює їхню зупинку з поданням сигналу диспетчеру.

Деяке порушення неперервності виробничого процесу в озонуючих установках викликає тільки операція з реактивації осушувачу повітря. Операцію з регенерації приходиться виконувати періодично, звичайно кожні 8 годин. У випадку необхідності тривалість названого циклу може бути збільшена. Тому автоматизація роботи пристрою для осушування стисненого повітря здійснюється за допомогою командного електропневматичного приладу.

Неперервність автоматичного контролю за ступенем осушення повітря може бути досягнена за допомогою вимірювачу малих вмістів води НВ-439. Якщо вміст води перевищить допустиму границю ($0,04 \text{ г/м}^3$), на щиті диспетчеру вмикається попереджувальна сигналізація.

Перемикання адсорберів для виконання ряду послідовних операцій виконується командним приладом за заданим графіком.

Момент завершення регенерації адсорбенту встановлюється за електроконтактним термометром, показання якого різко зростають після повного видалення води, поглинутої адсорбентом. Замикання електроконтактну термометра подає сигнал в систему для створення автоматичне закриття вентилю на трубопроводі, що подає повітря для регенерації від електропідігривачу [1]. Потім процес повторюється в автоматичному режимі.

2.2 Обґрунтування вибору типу генератору озону

Відповідно до вибраного типу озонатора, на рисунку 2.2 зображена класифікація основних існуючих типів озонаторів.



НУБІП України

В горизонтальному
виконанні

НУБІП України

НУБІП України

Рисунок 2.2 – Класифікація основних типів озонаторів

В таблиці 2.1 наведені основні енергетичні характеристики різних типів озонаторів – питоме споживання електроенергії, кВт·год/кг озону при одній і тій самій концентрації озону 20 г/м³.

НУБІП України

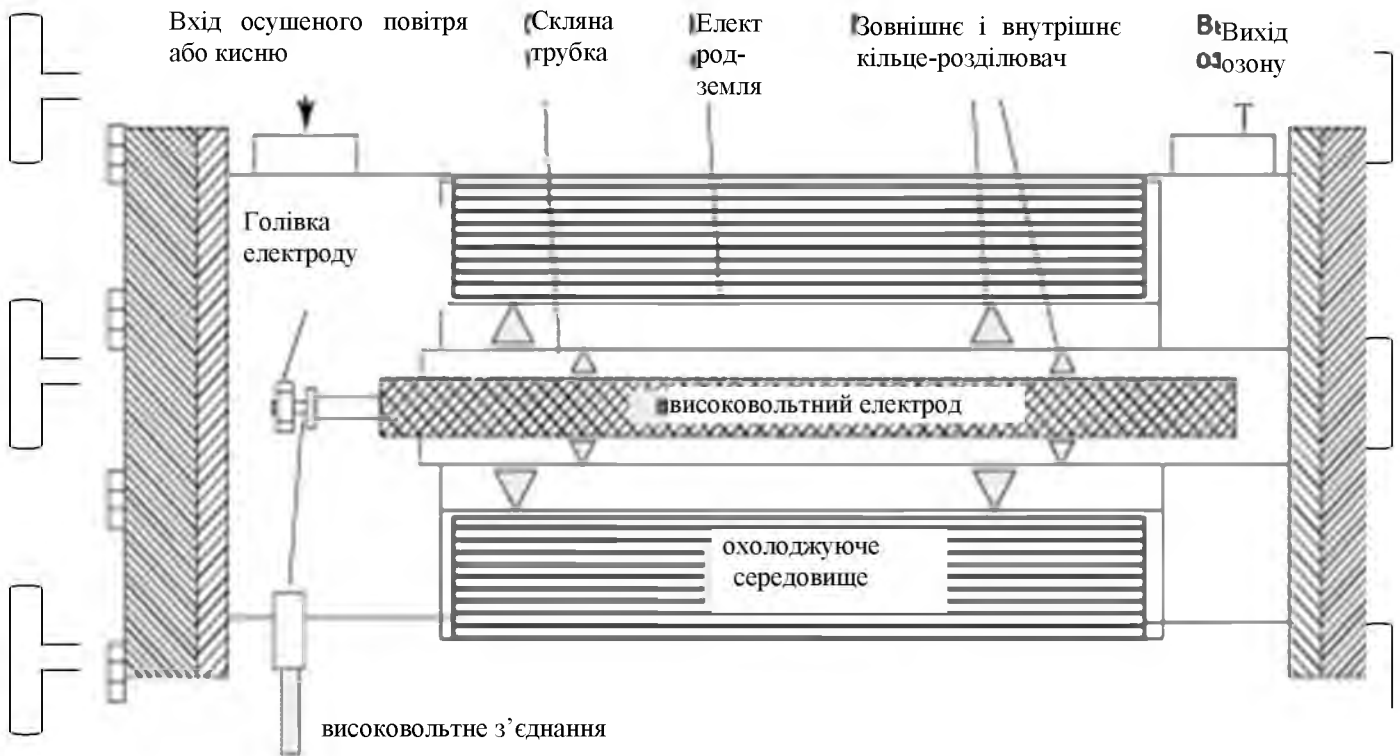
Таблиця 2.1 – Порівняння енергетичних показників різних типів озонаторів

Тип озонатору	Питоме споживання електроенергії, кВт·год/кг озону
Вертикальні циліндричні озонатори з трубчастими електродами	17,7
Горизонтальні циліндричні озонатори з трубчастими електродами	16
Плоскі озонатори з пластинчастими електродами з центральним колектором	20,1
Плоскі озонатори з пластинчастими електродами з поперечною циркуляцією	21,5

З таблиці видно, що найекономічнішою конструкцією озонатору є горизонтальний циліндричний озонатор з трубчастими електродами.

Конструкція озонатору зображена на рисунку 2.3.

НУБІП України



2.2.1 Електросинтез озону

У озонаторах використовується технологія отримання озону за допомогою тихого електричного розряду. Зовнішній електрод з'єднується із землею.

Оскільки цей електрод нагрівається в ході процесу отримання озону, він повинен охолоджуватися водою, повітрям або іншими спеціальними засобами.

Термін „тихий розряд” є не зовсім вірним, так як в дійсності має місце „промінистий розряд”. Тобто генератор озону – це фактично випромінювач, що

складається з двох електропровідних поверхонь – електродів, що розташовані через невеликий інтервал одне від одного. Конструктивно електроди в циліндричних

озонаторах виконують у вигляді двох концентрично розташованих циліндрів різного діаметру (рисунк 2.4). До внутрішньої поверхні одного з електродів, а шод і до

поверхні обох електродів щільно прикріплений діелектричний матеріал, який повинен мати можливо більший питомий поверхневий опір і діелектричну сталу. В більшості

випадків в якості діелектриків використовують звичайне або борно-сікатне скло. Шар такого матеріалу звичайно служить діелектричним бар'єром, він виключає виникнення

розрядів іскрової або дугової форми і обумовлює рівномірну структуру розряду. Одночасно діелектрик виконує роль реактивного буферного опору, що обмежує струм в колі розряду. Наявність в електричному колі діелектричного опору викликає необхідність живлення обов'язкового живлення озонатору тільки змінним струмом.

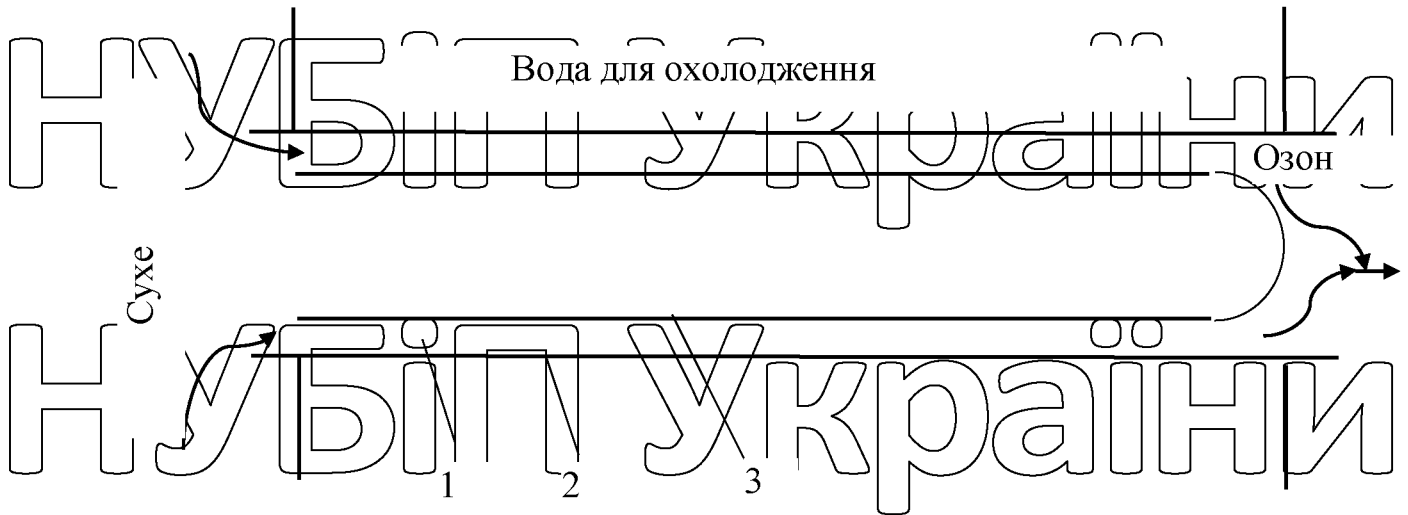


Рисунок 2.4 – Розміщення електродів / діелектрика в трубчастому озонаторі: 1 – зона тихого розряду; 2 – трубка із неіржавіючої сталі (електрод низької напруги); 3 – скляна трубка (електрод високої напруги)

Між діелектриком і протилежним електродом або між обома діелектриками залишається повітряний прошарок. Можливе також розміщення одного діелектрику посередині між двома повітряними прошарками. Ми обираємо схему з одним повітряним прошарком і одним шаром діелектрику, як це дозволяє зробити конструкція трубчастих електродів. Товщина діелектриків може бути мінімальною (біля 1 мм). Це дуже важливо, так як тонкий діелектрик має підвищену електричну ємність при однакових розмірах площі, що дозволяє збільшити питому потужність. З цієї точки зору, трубчасті озонатори значно якісніші за озонатори з плоскими скляними пластинами. Крім того, операції з трубчастими електродами простіші в експлуатації, а їхнє очищення неважке. Друга перевага – безпосереднє занурення трубчастих електродів в охолоджуючу воду. Це створює значну розрядну площу при малому об'ємі з досить ефективним охолодженням і дозволяє отримати підвищену концентрацію озону.

а також збільшити його виробіток.

НУБІП України

2.2.2 Вибір і обґрунтування джерела живлення озонаторів електричним струмом

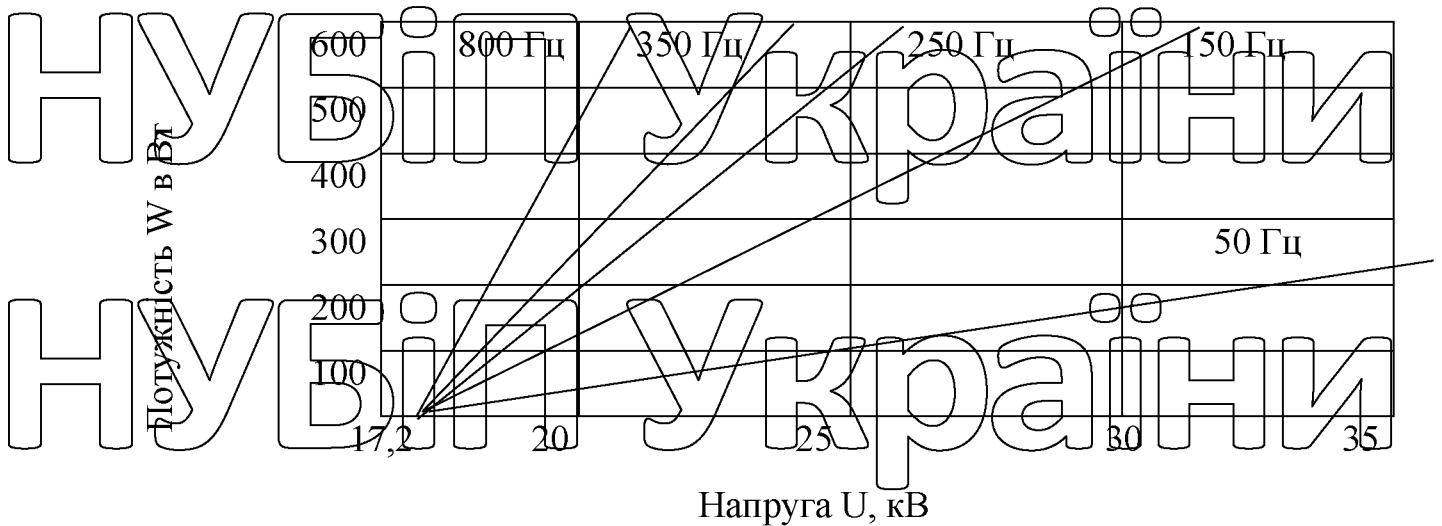


Рисунок 2.5 – Вплив частоти струму на потужність озонатору

До озонатору підводиться змінний струм, звичайно однофазний, з частотою 50 Гц. Використання струму більш високої частоти дозволяє при заданій потужності W знижувати величину напруги U . Потужність W пропорційна частоті струму, тобто $W = kf$. Тому на рисунку 2.5 нанесені лінії, що показують вплив частот струму $f = 50, \dots, 800$ Гц. З підвищенням частоти нахили цих ліній наближуються до вертикалі, так як значення напруги зменшуються. Одночасно зменшується і напруга на склі діелектрика. Втрати в діелектрику пропорційні частоті і квадрату напруги. Тобто вони більш різко збільшуються з підвищенням напруги. Але ці втрати досить незначні по відношенню до потужності, так як 90 % енергії розсіюється тепловим ефектом розряду.

При живленні струмом середніх частот (500...800 Гц) виробіток озону збільшується в 2,7...3,3 рази у порівнянні з виробітком його при частоті 50 Гц.

Однак таке підвищення продуктивності озонатору є максимально можливим. Воно не може бути перевищено, оскільки відповідає „тепловому порогові”, тобто такому значенню потужності, за границями якого руйнування озону перевищує його створення. Це трапляється внаслідок швидкого нагріву розрядного простору, не дивлячись на його ефективне охолодження. В подібних умовах недоцільно збільшувати потужність.

Струм, що живить озонатор, подається від трансформатора під напругою 6...25 кВ в залежності від типу озонатору, робочої потужності, використаної частоти тощо. Трансформатор отримує струм або безпосередньо від мережі при частоті 50 Гц, або від електрогенератору при частотах 150...100 Гц. Якщо частота струму не більше 500 Гц, застосовують генератори змінного струму маховичного типу або статичний перетворювач частоти. Генератори змінного струму використовуються на протязі більше 30 років, але їм властивий помірний ККД, який знижує загальний енергетичний ККД озонаторів. Крім того, вони мають велику вартість. Тому генератори змінного струму, як і статичні перетворювачі частоти використовуються дуже рідко.

Викладене вище доводить, що хоча ККД озонатору збільшується з підвищенням частоти струму (максимально до 500 Гц), вартість установки і обслуговування пристроїв для перетворення частоти свідчить про доцільність використання частот вище 50 Гц тільки на малих установках. Отже для живлення озонатору в нашій технологічній системі обираємо підвищуючий трансформатор з напругою 9 кВ та частотою струму 50 Гц. Потужність трансформатору 7,9 кВА.

2.2.3 Обрунтування і розрахунок установки для підготування повітря, що потрапляє в озонатор

2.2.3.1 Вплив вологості повітря на дію генератору озону

Перед тим, як атмосферне повітря буде піддано дії тихого електричного розряду, необхідно виконати сушіння повітря. Це викликано наступними причинами:

1. На роботу генераторів озону великий вплив здійснює гігromетричний стан повітря або киеню, що подається до електродів. Було встановлено, що із збільшенням вологості повітря зменшується кількість озону, що отримується. Отже, критерієм вологості повинні служити абсолютна вага води в одиниці об'єму повітря і точка роси рідкого тіла, що піддане дії „тихого” електричного розряду.

В таблиці 2.2 наведені результати, що відносяться до концентрації озону в повітрі в границях 10...25 г/м³.

Таблиця 2.2

Залежність концентрації озону від вмісту вологи в повітрі

Точка роси, °С	Вміст в повітрі води, г/м ³	Зниження концентрації озону в %
-50	0,05	-
-40	0,1	2
-35	0,18	2,5
-30	0,3	6,5
-25	0,51	11
-20	0,82	16

Аналізуючи результати, що наведені в таблиці 2.2 можна зробити наступні висновки:

1. Що точка роси -40·°С забезпечує продуктивність, близьку до максимальної, а величина -50·°С характеризує досягнення цього максимуму. При точці роси -20·°С концентрація озону падає на 16%.

2. Наявність вологи в повітрі призводить до іскрінню електродів і навіть до виникнення дуги при тихому розряді. Ці явища служать причиною недостатньої електричної віддачі, що зменшує продуктивність озонатору, може понизити діелектричну міцність діелектриків і викликати їхнє руйнування.

3. Використання непідсушеного повітря викликає утворення азотної

кислоти, що тягне за собою корозію електродів, і, як правило, матеріалів, що дотикаються до озонованого повітря.

В теперішній час проблема підсушування повітря повністю вирішена засобами сучасної техніки. З цією метою застосовуються три групи засобів, а саме: 1) пористі поглиначі; 2) охолодження; 3) комбінування охолодження з дією пористих поглиначів.

2.2.3.2 Розрахунок установки для підготування повітря, що потрапляє до озонаторів

Витрати озону на установці, що обробляє $Q = 2620 \text{ м}^3$ добу води при дозі озону $D_{\text{оз}} = 4,5 \text{ г/м}^3$ складе:

$$G_{\text{оз}} = \frac{kQD_{\text{оз}}}{1000}, \quad (2.1)$$

де $k = 1,06$.

$$G_{\text{оз}} = \frac{1,06 \cdot 2620 \cdot 4,5}{1000} = 12,5 \text{ кг/добу або } 0,52 \text{ кг/год}$$

Необхідно приймати три озонатори: для червонного озонування з дозою 3 г/м^3 , другий – з дозою $1,5 \text{ г/м}^3$ і резервний.

Для електросинтезу озону необхідно подавати сухе повітря в кількості, що визначається формулою:

$$q_{\text{пов}} = \frac{G_{\text{оз}} \cdot 1000}{C \cdot \alpha}, \quad (2.2)$$

де $C_{\text{оз}} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ – масова концентрація озону в повітрі;

$$q_{\text{пов}} = \frac{0,52 \cdot 1000}{20 \cdot 0,92} = 28,3 \text{ м}^3 \text{ год}^{-1}$$

Атмосферне повітря засмоктується через повітребірну шахту з жалюзійними ґратами із швидкістю його руху в живому перерізі $3,5 \dots 4 \text{ м/с}$.

Потужність повітредувалки можна визначити за формулою:

$$P = \frac{Lp}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta} \quad (2.3)$$

де L - подача повітроредувалки, $\text{м}^3/\text{год}$;

p - напір повітроредувалки, Па, $p=154500$ Па;

η - ККД апарату.

$$P = \frac{28,3 \cdot 154500}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,9} = 1,35 \text{ кВт}$$

Обираємо повітроредувалку з електродвигуном серії АІР90L6У3

потужністю 1,5 кВт та номінальною швидкістю обертання 925 об/хв. На

всмоктуючому трубопроводі встановлюється вісциновий фільтр з пропускною здатністю до $1 \text{ м}^3/\text{хв}$, що задовольняє розрахунковим умовам.

Перша ступінь підсушування повітря здійснюється за допомогою фреонового холодильного агрегату. Атмосферне повітря охолоджується з 26 до 6 °С внаслідок випарювання холодоагенту (при температурі -15 °С).

Кількість холоду, необхідного для охолодження повітря:

$$Q_{\text{ох.пов.}} = V_{\text{ох.пов.}} \cdot \gamma \cdot c \cdot \Delta t, \quad (2.4)$$

де $V_{\text{ох.пов.}}$ - кількість повітря, що охолоджується, $\text{м}^3/\text{год}$;

γ - маса 1 м^3 повітря, що дорівнює $1,293$ кг;

c - теплоємність води, 4192 кДж/(кг·К);

Δt - різниця температур, що звичайно дорівнює 20 °С.

$$Q_{\text{ох.пов.}} = 28,3 \cdot 1,293 \cdot 4192 \cdot 20 = 3,07 \text{ МДж/год}$$

Об'єм повітря в загальному вигляді розраховують за формулою:

$$V = \frac{Q_{\text{ох.пов.}} \cdot T_{\text{р.атм}}}{T_0 \cdot p_{\text{роб}}} \quad (2.5)$$

Тоді при робочих параметрах повітря, що потрапляє в теплообмінник з

$t_1=26$ °С і $p_{\text{роб}}=2 \cdot 10^5$ Па і повітря, що виходить з нього, з $t_2=6$ °С і $p_{\text{роб}}=2 \cdot 10^5$ Па:

$$V = \frac{28,3 \cdot (273 + 26) \cdot 1,033 \cdot 10^5}{273 \cdot 2 \cdot 10^5} = 16 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_2 = \frac{28,3 \cdot (273 + 6) \cdot 1,033 \cdot 10^5}{273 \cdot 2 \cdot 10^5} = 14,9 \text{ м}^3 / \text{год}$$
 Кількість вологи в повітрі в загальному випадку визначають за формулою:

$$q = aV \quad (2.6)$$

де a – вміст вологи в повітрі при заданій температурі в $\text{кг}/\text{м}^3$.
 При значенні $t_1 = 26^\circ\text{C}$ розмір $a_1 = 0,02686 \text{ кг}/\text{м}^3$, а при значенні $t_2 = 6^\circ\text{C}$ розмір $a_2 = 0,007474 \text{ кг}/\text{м}^3$. Тоді:

$$q_1 = 0,02686 \cdot 16 = 0,43 \text{ кг} / \text{год}$$

$q_2 = 0,007474 \cdot 16 = 0,12 \text{ кг} / \text{год}$
 Кількість вологи, що виділяється в апараті холодильної установки:
 $q_{\text{ап}} = q_1 - q_2 = 0,43 - 0,12 = 0,31 \text{ кг} / \text{год}$.

Кількість холоду, необхідного для охолодження парів вологи в апараті, рахуючи від середньої температури $t_c = (26 + 16) / 2 = 16^\circ\text{C}$ до кінцевої $t_2 = 6^\circ\text{C}$ дорівнює $q_{\text{ох.вол}} = 0,31 \cdot 4192(16 - 6) = 13 \text{ кДж} / \text{год}$.

Кількість холоду для конденсації вологи, затриманої в холодильнику:
 $q_{\text{конд}} = q_{\text{ап}} \eta_k$, (2.7)

де η_k – теплота конденсації водяних парів, що дорівнює $2499 \text{ кДж}/\text{год}$.
 $q_{\text{конд}} = 0,31 \cdot 2499 = 774,7 \text{ кДж} / \text{год}$

Загальна кількість холоду для всіх операцій з урахуванням 25% на втрати:
 $Q_{\text{заг}} = 1,25(Q_{\text{ох.пов.}} + q_{\text{ох.вол.}} + q_{\text{конд}})$ (2.8)

$Q_{\text{заг}} = 1,25(3070 + 13 + 774,7) = 4822,1 \text{ кДж} / \text{год}$

Приймаємо до встановлення холодильний агрегат марки АК-2ФВ-30/15 з продуктивністю за холодом $10\,000 \text{ кДж}/\text{год}$ з потужністю електродвигуна АИР160S8У3 7,5 кВт та швидкістю обертання 725 об/хв.

Кількість розсолу хлористого кальцію, що циркулює через кожухотрубний теплообмінник, визначається за формулою:

$$V_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{\Delta t_{\text{роз}} \cdot c_{\text{роз}} \cdot \gamma_{\text{роз}}} \quad (2.9)$$

де $\Delta t_{\text{роз}}$ - підвищення температури розсолу при проходженні через повітрявідділювач, дорівнює 3 °С;

$c_{\text{роз}}$ - теплоємність розсолу при середній температурі, дорівнює 3,26 кДж/град;

$\gamma_{\text{роз}}$ - щільність розсолу при середній температурі, дорівнює 1150 кг/м³.

$$V_{\text{роз}} = \frac{4822,1}{3 \cdot 3,26 \cdot 1150} = 0,43 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Потужність електродвигуна насосу:

$$P_{\text{нас}} = \frac{Q_{\text{нас}} \cdot H_{\text{нас}} \cdot \rho \cdot g}{\eta_{\text{нас}} \cdot 10^3 \cdot 3600} \quad (2.10)$$

де $Q_{\text{нас}}$ - подача насосу, м³/год;

$H_{\text{нас}}$ - напір, м;

ρ - густина розсолу, кг/м³;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

$\eta_{\text{нас}}$ - ККД насосу.

$$P_{\text{нас}} = \frac{0,43 \cdot 32 \cdot 1150 \cdot 9,81}{0,92 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 0,047 \text{ кВт}$$

Приймаємо насос 1,5Х-9Д-1-41 із електродвигуном АІР50А2У3 потужністю 0,09 кВт з частотою обертання 2660 об/хв.

Поверхня теплообміннику, необхідного для охолодження повітря:

$$F_{\text{т.о.}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{K \Delta t_p} \quad (2.11)$$

де K - коефіцієнт теплопередачі з урахуванням конденсації парів вологи,

$14 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{К})$;

Δt_p - різниця температур (повітря – розсол), що дорівнює 8 К.

НУБІП УКРАЇНИ

$$F_{т.о.} = \frac{4822,1}{7,14 \cdot 8} = 84,4 \text{ м}^3$$

Відповідно до вищевикладеного, приймаємо два (2) горизонтальних апарати Н 458-53 з поверхнею охолодження $2 \cdot 65 = 130 \text{ м}^2$. Для збирання конденсату прийнято аміачний ресивер ємністю $1,5 \text{ м}^3$.

НУБІП УКРАЇНИ

Після охолодження і підсушування в холодильнику повітря поступає на досушування у адсорбер автоматичної дії, тривалість робочого циклу якого ≈ 8 годин.

На виході з адсорберу потрібне встановлення пилового фільтру для вловлювання часток адсорбенту, що розпилюються.

НУБІП УКРАЇНИ

Фільтр – це конусоподібний стакан з металеві сітки. В якості фільтруючого матеріалу використовується повстяна тканина.

Необхідна поверхня фільтрації в пиловому фільтрі:

НУБІП УКРАЇНИ

$$F_{п.ф.} = \frac{V}{v_{\phi}}, \quad (2.12)$$

де v_{ϕ} – об'ємна швидкість фільтрації повітря, що дорівнює $1000 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 м^2 .

$$F_{п.ф.} = \frac{28,3}{1000} = 0,0283 \text{ м}^2$$

НУБІП УКРАЇНИ

2.2.3.3 Розрахунок контактної камери барботажного типу

Необхідна загальна площа всіх розпилюючих елементів контактної камери барботажного типу:

$$f_{\text{заг}} = \frac{Q \cdot D_{\text{оз}}}{C \cdot \omega}, \quad (2.13)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де Q – кількість води, що оброблюється озonom, $\text{м}^3/\text{год}$;

$D_{\text{оз}}$ – доза озону, $\text{г}/\text{м}^3$;

C – концентрація озону в озono-повітряній суміші, $\text{г}/\text{м}^3$;

ω – інтенсивність розпилювання на одиницю площі пористих

НУБІП УКРАЇНИ

розпилювачів, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, $\omega = 19,7$

$$f_{\text{заг}} = \frac{109,2 \cdot 4,5}{20 \cdot 19,7} = 1,25 \text{ м}^2$$

Площа одного розпилюючого елемента

$$f_e = \pi d l_e \quad (2.14)$$

$$f_e = 3,14 \cdot 0,092 \cdot 0,5 = 0,144 \text{ м}^2$$

Кількість розпилюючих елементів складає $n = 1,25 : 0,144 = 9$. Загальна довжина керамічних труб $\Sigma l = n l_e = 9 \cdot 0,5 = 4,5 \text{ м}$. (Приймаємо камеру з протяжністю труб 5 м. Довжина керамічного блоку повинна бути не більшою за 1,5...2 м, тобто складатися з трьох-чотирьох труб, розташованих з обох боків центрального

колектору. Тобто при довжині блоку 1,25 м в камері слід розташувати кількість відгалужувань $m = 5 : (1,25 \cdot 2) = 2$ на взаємних відстанях між вісьми 0,5 м. Тоді довжина камери:

$$L = 0,5(m - 1) + 2 \cdot 0,5 = 0,5(2 - 1) + 2 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ м}$$

Ширина камери з урахуванням габаритів центрального колектору (0,3 м) і відстаней між стінками камери і торцями труб (0,25 м) складе:

$$B = 2 \cdot 1,25 + 2 \cdot 0,25 + 0,3 = 3,3 \text{ м}$$

Площа камери в плані $F = 1,5 \cdot 3,3 = 4,95 \text{ м}^2$, а висота шару води 5 м.

Час перебування води в контактній камері:

$$\tau = \frac{H \cdot 2F_k \cdot 60}{Q_{\text{сек}}} \quad (2.15)$$

де $Q_{\text{сек}} = 109,2 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$\tau = \frac{5 \cdot 2 \cdot 4,95 \cdot 60}{109,2} = 27,2 \text{ мин}$$

Отримане значення відповідає вимогам, що час перебування води в камері повинний бути не менше 5 хвилин.

НУБІП України

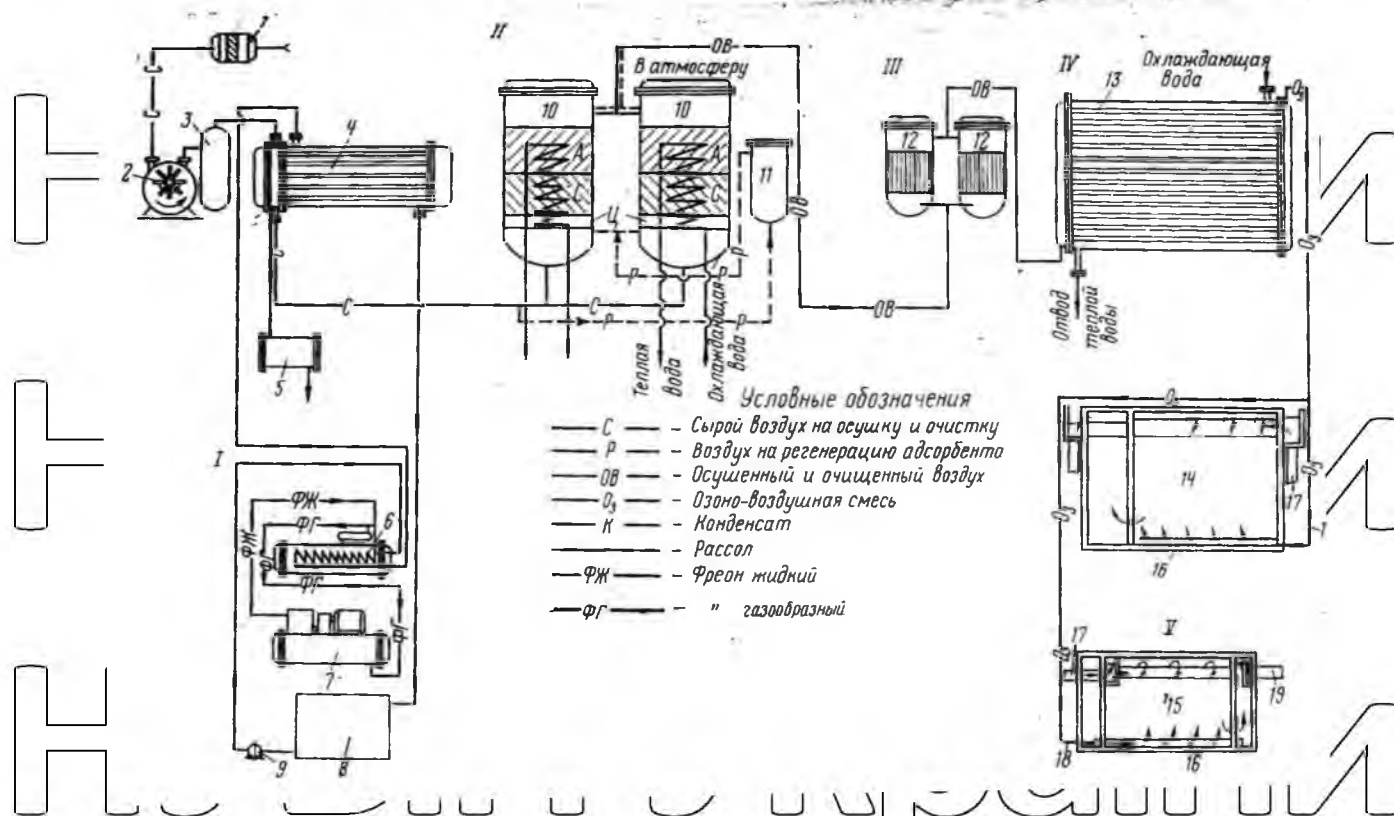


Рис.2.1. Принципова технологічна схема озонуючої установки: I – блок отримання і охолодження повітря; II – блок сушіння повітря; III – блок пилових фільтрів; IV – блок озонаторів; V – контактні камери

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

РОЗДІЛ 3 ЕКОЛОГІЧНА ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ОЗОНУВАННЯ СІЧНИХ ВОД

При експлуатації установок з озонування повітря необхідно дотримуватись всіх правил безпеки, що пов'язані з експлуатацією високовольтного обладнання (з напругою більше 1000 В).[1]

Крім того, небезпеку може уявляти собою і витікання озону. Згідно до ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны", гранично допустима концентрація озону дорівнює 0,1 мг/м³. Переважний агрегатний стан в умовах виробництва – пари і (або) газу. Клас небезпеки – І (надзвичайно небезпечні).

Для І-го класу небезпеки:

- середня смертельна доза при введенні в шлунок – 15 мг/кг;
- середня смертельна концентрація в повітрі – 500 мг/м³;
- середня смертельна концентрація при нанесенні на шкіру – 100 мг/кг;
- коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КВІО) – більше 300;
- зона гострого впливу – менше 6,0;
- зона хронічного впливу – більше 10,0.

Озон відноситься до речовин з гостроспрямованим механізмом дії і потребує автоматичного контролю з світловою або звуковою сигналізацією про перевищення гранично допустимої концентрації.

Перевищення ПДК озону в повітрі робочої зони призводить до перенасичення крові киснем, зниження рівня гемоглобіну, і, в кінцевому підсумку, до розвитку білокров'я.[7]

Тому необхідно застосовувати рекуперацію озону для попередження загазованості атмосфери і приміщень.

Рекуперация озону – це використання непрореагованого озону, що виходить з верхньої частини контактних камер, що дозволяє знизити його втрати і тим самим зменшити витрати електроенергії.

Крім того, рекуперация сприяє попередженню загазованості атмосфери надлишковим озоном у виходу його з витяжної труби. При несприятливих обставинах втрати озону можуть досягати 25...35%. Це означає, що в повітряний басейн майданчику великої озонаторної установки, що виробляє 2...3 т озону на добу, може кожну добу вибрасуватись 0,5...1 т непрореагованого озону. Якщо майданчик очисних споруд розташований в умовах недостатнього провітрювання, то в спекотну погоду або в туман можливе утворення смогу з високою концентрацією озону.

Непрореагований озон рекуперується в перших відсіках барботажних камер, куди потрапляє ще не оброблена озоном вода, за допомогою спеціальних турбін – емульгаторів. Така система рекуперации дозволяє практично повністю використовувати залишковий озон. Внаслідок цього відроблене повітря містить озон в границях ПДК.

В тих випадках, коли озонаторна установка знаходиться поблизу житлових масивів, передбачаються додаткові заходи. Після рекуперации озону повітря з барботажних камер відсмоктується спеціальними вентиляторами. Вони забирають атмосферне повітря і змішують його з відпрацьованим. Отримана суміш викидається через високий вертикальний стояк в атмосферу. Вентиляторна установка дублює систему рекуперации і розраховується тільки на випадок порушення нормального експлуатаційного режиму.

Для захисту персоналу від загазованості внутрішніх приміщень в залі озонаторів і в приміщеннях розподільчих камер повинна передбачатися припливно-витяжна вентиляція як постійно діюча, так і аварійна на випадок перевищення гранично припустимої концентрації озону.

Всі вентиляційні системи автоматизуються на тепловий режим і на ступінь загазованості. Включення аварійної вентиляції здійснюється від газоаналізаторів, що настроюються на допустиму концентрацію озону. Керування електродвигунами вентиляційних систем передбачається як місцеве, так і дистанційне з блокуванням

втяжних і відповідних припливних пристроїв. Вентиляційне обладнання повинно бути прийнято в вибухосезпечному виконанні.

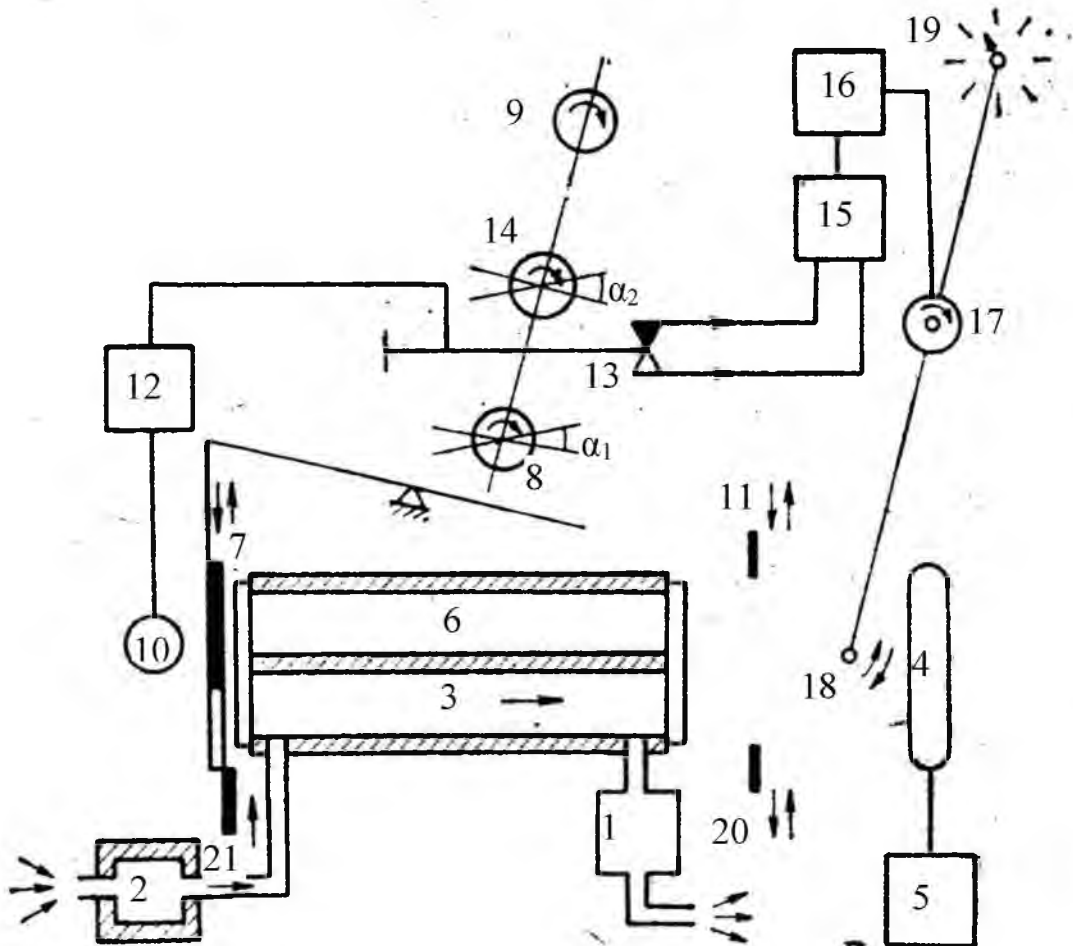
Для аварійних робіт в загазованому середовищі застосовуються автономні дихальні прилади з переносними газоаналізаторами.

Для контролю концентрації озону в повітрі пропонується наступний прилад.

Він служить для неперервного автоматичного вимірювання концентрації озону в повітрі, для запису цих вимірювань на діаграмі і сигналізації граничних значень концентрації. Як вказувалось, за вимогами технічної безпеки вміст озону в повітрі приміщень не повинний перевищувати 0,0001 мг/л.

В основу приладу покладено схему автоматичного вимірювача концентрації парів ртуті ИКРП-446, розробленого конструкторським бюро Кольорметавтоматики спільно з інститутом гігієни праці і профзахворювань АМН СРСР і виснованого на базі приладу ЭМД-212.

Принцип дії приладу оснований на вимірюванні за допомогою фотоелементу поглинання світлових хвиль визначеної довжини, що відповідають спектральним лініям озону.



НУБІП УКРАЇНИ

Рисунок 3.1 – Блок-схема приладу для вимірювання концентрації озону в повітрі

На рисунку 3.1 наведено блок-схему приладу для вимірювання концентрації озону в повітрі. Озоноване повітря, що досліджується за допомогою відкачуючого насосу 1 типу НМ-449 поступає через фільтр 2 до робочої кювети 3. Ультрафіолетовий світловий потік від ртутно-кварцевої лампи високотиску 4 типу ДРТ-375, що збуджується високочастотним генератором 5, проходить через кювету 3 і еталонну кювету, що заповнена чистим повітрям. Механічний пристрій за допомогою перемикаючої шторки 7, кулачку-важеля 8 і синхронного двигуна 9 забезпечує по чергові освітлення кожної кювети і відповідно по чергове підключення магнісного фотоелементу 10. Фотострум проходить через підсилювач 12, по чергово потрапляє на різні контактні групи 13 і 14 входу балансного модулятора коливань 15 і електронного мосту 16.

Під дією струму, що виникає в колі виходу підсилювача 12 в результаті нерівності освітленості фотоелементів, реверсивний електродвигун 17 повертає компенсаційну шторку 18 для вирівнювання світлових потоків, що проходять через обидві кювети. Тоді стрілка приладу 19, що закріплена на одній вісі з компенсаційною шторкою, вкаже розмір концентрації озону. На блок-схемі показані також шторка 11, градуйована шторка 20 і еталонна шторка 21, що входять до складу деталей. Прилад ИКРП-446 має дуже високим ступенем чутливості. Тому, якщо прилад призначений для вимірювання концентрації озону в озоно-повітряній суміші, що подається в воду, то чутливість приладу повинна бути підібрана стосовно до режимів оптичної і електричної частини. [1]

Крім того, є необхідність контролювати концентрація залишкового озону в воді. При виборі способу вимірювання враховують наступне:

- діапазони вимірювань;

- характеристики похибки;

- наявність засобів вимірювання, допоміжного обладнання, стандартних зразків і

матеріалів;

- кваліфікацію персоналу.

Розглянемо прилад, розроблений лабораторією електрохімії Фізико-хімічного науково-дослідницького інституту ім. Л. Я. Карнова. Дія приладу заснована на поляризації електродів озonom, що містяться в контрольованій воді.

Схема приладу наведена на рисунку 3.2.

До складу первинного перетворювача А вимірювання залишкового озону в воді входять платинові мікрорешітки 1 і 2, що є основним вимірювальним електродом. На цьому електроді, який омивається розчином електроліту, тобто, в даному випадку,

водою, що містить розчинений озон, створюється вищий поверхневий окисел. Внаслідок цього потенціал платинового електроду стає більш високим, ніж потенціал каломельного електроду 3, що виконує функції електроду порівняння.

Обов'язковими вимогами, що обумовлюють можливість вимірювання концентрації озону в воді, є: 1) постійність швидкості потоку води, що проходить через прилад; 2) достатня електропровідність озонованої води.

Перша умова виконується шляхом підтримання постійного перепаду рівней води, що досліджується, над приладом завдяки встановленню капіляру 4 і надання певного розміру перерізу вхідного отвору в приладі.

Для виконання другої умови – підвищення електропровідності води – в неї вводиться хлористий кальцій, що служить допоміжним електродом. Насичений розчин хлористого кальцію міститься і невеликому бункері 5, звідки через капіляр 4 дифундує в воду в кількості біля 0,5 г/добу. Пропускаючи постійний струм через платиновий і допоміжний електроди, можна підтримувати постійний потенціал на платиновому електроді. Сила струму між електродами прямо пропорційна ступеню утворення вищого поверхневого окислу або, інакше кажучи, концентрації озону, що розчинений в воді.

Для підтримання постійного потенціалу на електродах використовується прилад потенціостат Б. Вторинним приладом 6 може служити електронний потенціометр ЕНП-09 або будь-який інший аналогічний потенціометр, що має пристрій

для запису показань і регулювання

Первинний перетворювач А для визначення залишкового озону в воді монтується біля контактних резервуарів, при його встановленні повинний бути забезпечений деякій постійний напір води на ділянці вимірювання. Вторинний прилад розміщується в озонаторній. Контакти сигналізації граничних значень концентрації озону встановлюються в залежності від заданої зони залишкового озону.

Показання величини залишкового озону в воді доцільно дублювати на місцевому диспетчерському пункті. З цією метою використовується логометр, що підключається на реостатний задатчик, який вбудовується в електронний потенціометр

ЭНП-09.

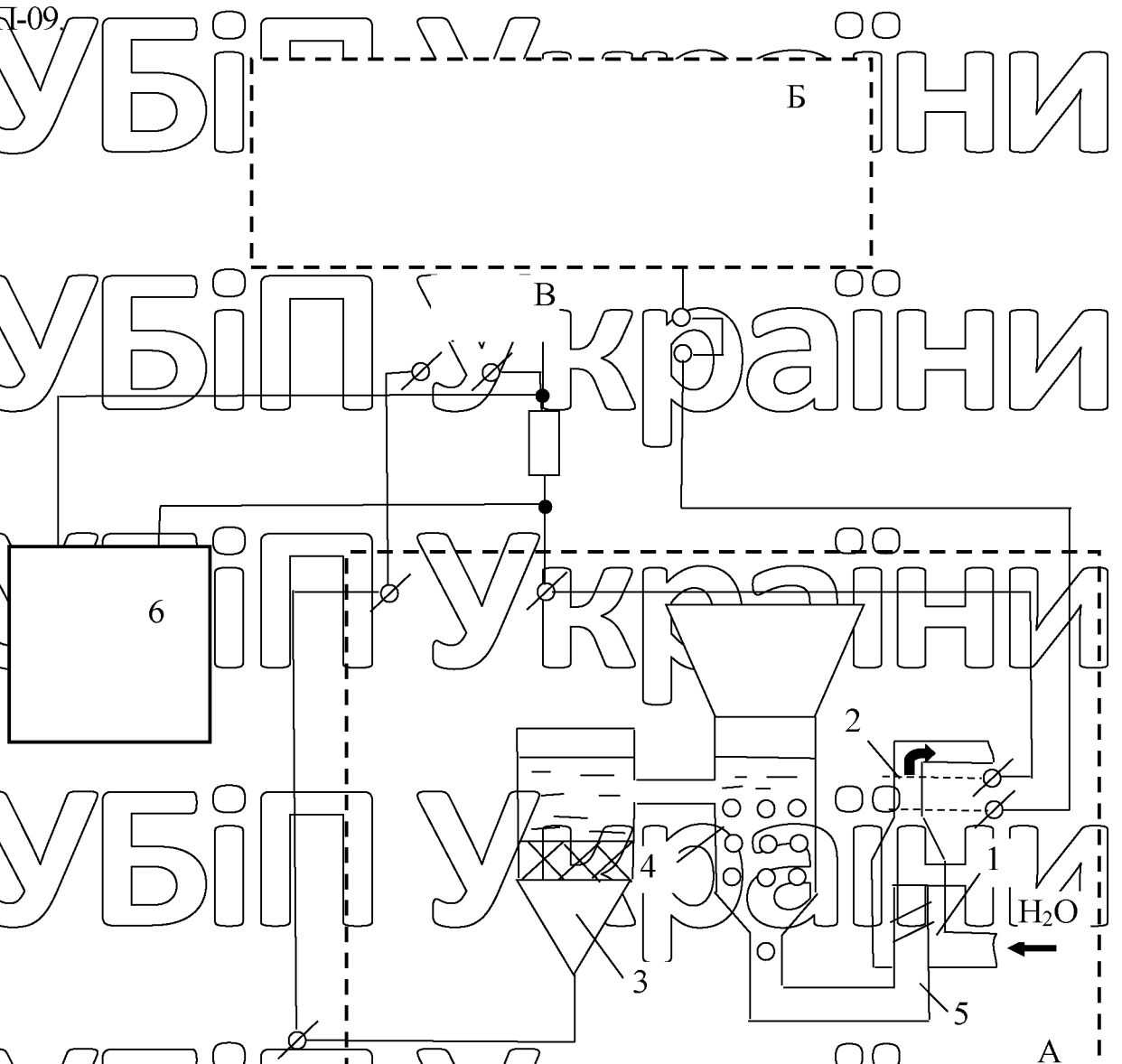


Рисунок 3.2 Прилад для вимірювання залишкового озону в воді

НУБІП України

Вищенаведені результати проведених обґрунтувань і досліджень дозволили сформулювати узагальнення до роботи і висновки які наведено в роботі нижче.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

В роботі на основі аналізу існуючих способів очистки стічних вод було запропоновано додатково очищувати стічні води м'ясопереробного комбінату методом озонування. Розглянуто основні фізичні та хімічні властивості озону в порівнянні з киснем і повітрям. Сформульовано основні вимоги щодо елементів, що входять до системи озонування. Запропоновано технологічну лінію очистки стічних вод методом озонування.

- Проведено аналіз існуючих конструкцій озонаторів та обрано найбільш доцільну з них – циліндричного озонатору з трубчастими електродами у горизонтальному виконанні. Розглянуто процес електросинтезу озону. На підставі аналізу різних конструкцій електродів обрано найбільш вдалу – з трубкою із неіржавіючої сталі в якості електроду низької напруги і скляної трубки в якості електроду високої напруги. На основі аналізу різних типів джерел живлення обрано підвищуючий трансформатор з частотою живлення 50 Гц. На підставі даних про обсяг стоків та дози озону виконано розрахунок основних елементів електротехнологічної системи озонування.

- В роботі приділено увагу питанням екологічної безпеки та розглянуто основні заходи щодо її підвищення, а також розглянуто принцип дії приладів для контролю концентрації озону в повітрі і воді.

ЛІТЕРАТУРА

4. Яромский В. Очистка сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий. Минск : Издательский центр БГУ, 2009. 174 с.

5. Пашков А. Проблеми забруднення поверхневих, підземних і стічних вод та заходи щодо їх ліквідації і запобігання в Україні. Безпека життєдіяльності. 2011, № 4. С. 10–16.

6. Мальований М., Дячок В., Сахневич Я. Аналіз перспектив очищення стоків харчових виробництв. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2008. № 5. С. 72–75.

7. Петрушка І., Леськів Г., Плахтій І. Очищення стічних вод від барвників природними сорбентами. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2003. № 488. С. 230–233.

8. URL: <https://menr.gov.ua/news/31778.html>. 9. Чеботаева М. Очистные сооружения BIOMAR® в индустрии напитков в России. Пиво и напитки. 2008. № 4. С. 44–45.

10. Челноков А., Ющенко Л., Фридлянд М. Экологические проблемы Республики Беларусь и пути их решения. Минск, 1999. 147 с.

11. Симанина И., Сидорская С. Сточные воды пищевой промышленности. Сборник материалов 72-й Студенческой научно-технической конференции, 20–28 апреля 2016 г. / Белорусский национальный технический университет, Факультет горного дела и инженерной экологии. Секция «Экология». Минск, 2016. С. 178–183.

12. Krepper E., Prasser H.-M. Measurements and CFX simulations of a bubbly flow in a vertical pipe. Computing methods for two phase flow : AMFESF Workshop. 2000. P. 1–8.

13. Семенова Е., Маршалкин М., Саркисова С. От экологически ответственного хозяйствования к сохранению водных и энергетических ресурсов. Инженерный вестник Дона. 2014. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2375.

14. Головинов Н. Электрогидравлическая обработка отходов мукомольного производства в технологии получения биоэтанола : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.02. зерноград, 2010. 19 с.

15. Borja R., Alba J., Carrido S. Effect of aerobic pretreatment with *Aspergillus terreus* on the anaerobic digestion of olive-mill wastewater. *Biotechnol and Appl. Biochem.* 1995. Vol. 22. № 2. P. 233–246.

16. Папков А. Проблеми забруднення поверхневих, підземних і стічних вод та заходи щодо їх ліквідації і запобігання в Україні. *Безпека життєдіяльності.* 2011. № 4. С. 50–55.

17. Загорская Е. Очистка сточных вод на промышленных предприятиях г. Тольятти. 2012. С. 28–30. 18. Joanne E. Drinan, Frank Spellman *Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Non-engineering Professional.* 2013.

19. Весельська М., Бовсуновська М. Вода в харчовій промисловості. Збірник матеріалів VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Одеса, 2015. С. 51–52.

20. Biochemical waste treatment. *Water and Waste Treat. Gr. Brit.* 1991. № 34. P. 1–16.

21. IR-luminescence of low-stability aqueous structures (theory and experiment) / M. Efendiev et al. *Biofizika.* 2004. V. 49. № 6. P. 963–9.

22. Защита водных объектов от загрязнения сточными водами / Д. Гостищев и др. *Природообустройство.* 2014. № 1. С. 62–68.

23. Штепа В. Обґрунтування алгоритму експериментально аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових об'єктів з метою побудови енергоефективних систем управління. *Енергетика і автоматика.* 2014. № 2. С. 62–71.

24. Родионов А., Клушин В., Торочешников Н. Техника защиты окружающей среды. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Химия, 1989. 512 с.

25. Бедимогов С. Задержание и удаление механических включений из сточных вод. *Водоснабжение и санитарная техника.* 2002. № 2. С. 25–29.

26. Маслій І. Проблеми очистки стічних вод тваринницьких підприємств. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Будівництво». 2015. Вип. 10. С. 75–77.

27. Донська М., Хронологія методів та технологій очистки води у світі. Гілея : науковий вісник. № 99. С. 83–87.

28. Новиков А., Женихов Ю. Улучшение качества природных и очистка сточных вод: учебное пособие. Ч. 1. 1-е изд. Тверь : ПГТУ, 2006. 112 с.

29. Очистка и обеззараживание сточных вод перерабатывающих предприятий АПК / Л. Кузнецова и др. Пищевая промышленность. 2002. № 10. С. 52–53.

30. Анопольский В., Фельдштейн Г., Фельдштейн Е. Некоторые аспекты водоснабжения и охраны гидросферы от загрязнения (по опыту Научно-инженерного центра «Потенциал-2»). Ч. 2 : Охрана гидросферы от загрязнения. Биосфера. 2010. Т. 2. С. 214–230.

31. Blume T. Kombinierte Methoden mit Ultraschall zur Desinfektion von Abwasser. TU Hamburg-Harburg reports on Sanitary Engineering 50. 2005. P. 79–90

32. Іванько О., Бідненко Л. Сучасні методи знезараження стічних вод (огляд літератури). С. 137–150.

33. Русанова Н., Овечкина Г. Хлорирование и дехлорирование городских сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника. 2002. № 2. С. 30–32.

34. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Москва : Стройиздат, 1986. 72 с.

35. Филатова Е. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах. Изв. вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). С. 97–100

36. В. Ф. Кожин, И. В. Кожин. Озонирование воды. - М.: Стройиздат, 1973. – 160 с.

37. Ю. Р. Костенко, С. В. Нецепляев, Л. А. Гончарова. Основы микробиологии, гигиены и санитарии на предприятиях мясной и

мясоперерабатывающей промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 176 с.

38. Кульский Л. А. и др. Электрохимия в процессах очистки воды/ Л. А. Кульский, В. Д. Гребенюк, О. С. Савчук. – К.: Техніка, 1987. – 220 с.

39. Основные пути и методы очистки сточных вод// Инженерная экология и экологический менеджмент/ Под ред. Н. И. Иванова, И. М. Фадина. – М.: Догос, 2002. – с. 144–174

40. ОНТИ Электрохимическая очистка сточных вод. – Запорожье, 1991. – 20 с. – (ТП/ ЗЦНТИ №18.07-257-91)

41. ОНТИ Биохимическая очистка сточных вод промышленных предприятий. – Запорожье, 1991. – 28 с. – (ТП/ ЗЦНТИ. Серия 18.00.: Охрана окружающей среды)

42. СБО Электрохимическая очистка сточных вод. – Запорожье, 1990. – 25 с. (ТП №18.03-392-90/ ЗЦНТИ. – Серия 18.00.: Охрана окружающей среды)

43. СБО Электрохимическая очистка сточных вод. – Запорожье, 1989. – 27 с. (ТП/ ЗЦНТИ. Серия Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов; №18.03-360-89)

44. Холемер М. Технология обработки природных и сточных вод. – Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1979. – 400 с.

45. ГОСТ 18 301-72 Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного озона

46. ГОСТ 3351-74 Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности

16. Временные индивидуальные нормы водопотребления и водоотведения по Медитопольскому мясокомбинату на 2003 год

47. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"