

АНАЛІЗ І ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ ПРИ ШТАТНІЙ РОБОТІ У ПРОЦЕСІ ВОДООЧИЩЕННЯ МЕТОДОМ РЕАГЕНТНОЇ КОАГУЛЯЦІЇ І ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЇ

І. В. Уряднікова

Білоцерківський інститут неперервної професійної освіти ДЗВО «Університет Менеджменту Освіти»

вул. Леваневського, 52/4, м. Біла Церква, Київська область, 09108, Україна. E-mail: ingavictory@gmail.com

Висвітлений сучасний стан теплоенергетики, в якій зростання потужностей теплових електростанцій і тепло-електроцентральної обмеженість дебіту води потребує збільшення долі оборотних систем водопостачання і перехід від прямоточних до оборотних систем водопостачання. Особливо гостро стоять питання надійності і економічності експлуатації енергетичного обладнання, яке є складовою частиною загальної системи технічного водопостачання в теплоенергетиці і від роботи якого залежить якість води в цих системах. Існуючі на сьогодні методи водоочиснення створюють ризики погіршення режиму роботи чи виходу з ладу енергогенеруючого обладнання і влучення в екологічне середовище шкідливих домішок, що створюють як у короткостроковому, так і в довгостроковому плані ризик і для життєдіяльності людей. Проаналізовано, що відповідно до нормативних документів для визначення техногенних ризиків, що виникають у системах водоочиснення ТЕЦ і ТЕС треба визначити стани, в яких може знаходитися будь-яка система водоочиснення і ризики в системах водоочиснення, які за походженням є техногенними, а за наслідками – екологічними. Стани у яких система водоочиснення може знаходитися, можна підрозділити на 3 класи: клас 1 – граничний, система працює в штатному режимі, блоки і елементи працюють без відмов і збоїв; клас 2 – критичний, система працює в позаштатному режимі, деякі блоки або елементи системи працюють в режимі часткової відмови; клас 3 – небезпечний, система практично не працює, тобто не очищує воду, деякі блоки або елементи системи знаходяться в стані відмови. Стаття містить дані, що система водоочиснення як і будь-яка складна система при роботі може мати збої, це може бути пов'язано з природною інерційністю робочих процесів, зі зміною вхідних параметрів води, з коливаннями активності реагентів і від деяких інших причин. Однак, необхідно дослідити похибки, що виникають при штатній роботі системи водоочиснення і погіршують не тільки показники якості води, но і стан екологічної безпеки довкілля. Розгляд і аналіз даних обставин можливо тільки в тому випадку, якщо робочі процеси, що мають місце при роботі системи водоочиснення треба розглядати, як ланки єдиної системи робочого процесу, причому ця система може бути як замкнутою так і розімкнутою. Таким чином, необхідно розглядати ланки системи, що представляють не блоки, а її робочі процеси. Це дає можливість досліджувати різні технології водоочиснення і визначити ризики, що виникають при їх експлуатації. Динамічні характеристики процесу можна досліджувати за допомогою передатних функцій, використовуючи апарат теорії автоматичного управління. Однак рішення системи дає більш наочне представлення про динаміку процесу і дає більш реальні представлення про зміну концентрації забруднень у часі. Це важливо, тому що дає можливість мати представлення про те, яку частину часу роботи системи водоочиснення, що працює в штатному режимі, споживачу надходить недоочищена вода. Виходячи з результатів моделювання роботи системи реагентної коагуляції і електрокоагуляції видно, що при штатній роботі системи, при досить частих змінах концентрації на вході (що в більшості випадків відповідає дійсності) ризик одержання недоочищеної води є значним. Мета дослідження – аналіз і визначення техногенних ризиків при штатній роботі у процесі водоочиснення методом реагентної коагуляції і електрокоагуляції.

Ключові слова: теплоенергетика, реагентна коагуляція, електрокоагуляція, техногенний ризик, екологічна безпека.

АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ ПРИ ШТАТНОЙ РАБОТЕ В ПРОЦЕССЕ ВОДООЧИСТКИ МЕТОДОМ РЕАГЕНТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ И ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ

И. В. Уряднікова

Белоцерковский институт непрерывного профессионального образования ГУВО

«Университет менеджмента образования»

ул. Леваневского, 52/4, г. Белая Церковь, Киевская область, 09108, Украина. E-mail: ingavictory@gmail.com

Освещено современное состояние теплоэнергетики, в которой рост мощностей тепловых электростанций и тепло-электроцентралей и ограниченность дебита воды требует увеличения доли оборотных систем водоснабжения и переход от прямоточных к оборотным системам водоснабжения. Особенно остро стоят вопросы надежности и экономичности эксплуатации энергетического оборудования, которое является составной частью общей системы технического водоснабжения в теплоэнергетике и от работы которого зависит качество воды в этих системах. Существующие на сегодня методы водоочистки создают риски ухудшения режима работы или выхода из строя энергогенерирующего оборудования и попадания в экологическую среду вредных примесей, создающих как в краткосрочном, так и в долгосрочном плане риск и для жизнедеятельности людей. Проанализировано, что в соответствии с нормативными документами для определения техногенных рисков, возникающих в системах водоочистки ТЭЦ и ТЭС надо определить состояния, в которых может находиться любая система водоочистки и риски в системах водоочистки, которые по происхождению являются техногенными, а по результатам - экологическими. Состояния, в которых система водоочистки может находиться, можно разделить на 3 класса: класс 1 - предельный, система работает в штатном режиме, блоки и элементы работают без отказов и сбоев; класс 2 - критический, система работает в нештатном режиме, некоторые блоки или элементы системы

роботають в режимі частинного відмови; клас 3 - небезпечний, система практично не працює, тобто не очищує воду, деякі блоки або елементи системи знаходяться в стані відмови. Стаття містить дані, що система водочистки як і будь-яка складна система при роботі може мати сбой, це може бути пов'язано з природною інерційністю робочих процесів, з зміною входних параметрів води, з коливаннями активності реагентів і з інших причин. Однак, необхідно дослідити похибки, виникаючі при штатній роботі системи водочистки, погіршуючі не тільки показники якості води, але і стан екологічної безпеки навколишнього середовища. Розгляд і аналіз даних умов роботи системи водочистки необхідно розглядати як зв'язку єдиної системи робочого процесу, причому ця система може бути як замкнутою, так і відкритою. Таким чином, необхідно розглядати зв'язку системи, представляючі не блоки, а її робочі процеси. Це дає можливість дослідити різні технології водочистки і визначити ризики, виникаючі при їх експлуатації. Динамічні характеристики процесу можна дослідити з допомогою передаточних функцій, використовуючи апарат теорії автоматичного управління. Однак, рішення системи дає більш наглядне уявлення про динаміку процесу і дає більш реальні уявлення про зміну концентрації забруднень з часом. Це важливо, так як дає можливість мати уявлення про те, яку частину часу роботи системи водочистки, працюючої в штатному режимі, споживачу поступає неочищена вода. Виходячи з результатів моделювання роботи системи реагентної коагуляції і електрокоагуляції видно, що при штатній роботі системи, при достатньо частих змінах концентрації на вході (що в більшості випадків відповідає дійсності) ризик отримання неочищеної води є значущим. Мета дослідження - аналіз і визначення техногенних ризиків при штатній роботі в процесі водочистки методом реагентної коагуляції і електрокоагуляції.

Ключові слова: теплоенергетика, реагентна коагуляція, електрокоагуляція, техногенний ризик, екологічна безпека.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В Україні раціональне використання водних ресурсів є однією з найбільш важливих проблем енергетичних підприємств. Якість води в системах теплоенергетики залежить від надійності і економічності експлуатації енергетичного обладнання, яке є складовою частиною загальної системи технічного водопостачання в теплоенергетиці.

Зростання потужностей теплових електростанцій і тепло-електроцентралей обмеженість дебіту води потребує збільшення частоти оборотних систем водопостачання і перехід від прямих до оборотних систем водопостачання. Сучасні теплоелектростанції використовують виключно паротурбінні агрегати, працюючи на водному теплоносії.

Ймовірнісною мірою відмови або зниження якості води, що використовується у виробничому циклі можна визначити через ризик виникнення небезпечної або аварійної роботи теплоенергетичних об'єктів.

Проблемами ризику займалися такі видатні вітчизняні і закордонні вчені як Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулонов, Г. А. Хміль, А. Б. Качинський, В. Ю. Некос, В. І. Пампур, С. В. Руденко, В. В. Бегун, Ю. М. Скалецький, Е. О. Грановський, Е. Дж. Хенлі, Х. Кумамото, М. Реймерс та інші.

В Україні зараз немає нормативного державного визначення поняття «техногенний ризик», тому в науковій літературі є розбіжності при визначенні цього поняття. В роботі [1] дано наступне визначення: «ризик – ступінь ймовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час або за певних обставин на території об'єкта підвищеної небезпеки та/або за його межами».

А. Б. Качинський у своїй роботі [2] стверджує, що «ризик – прогнозована векторна величина збитку, що може виникнути внаслідок ухвалення рішень в умовах невизначеності та реалізації загрози. Він є кількісною мірою небезпеки, що дорівнює добутку ймовірності величини (величину) можливого збитку

від неї».

Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулонов, Г. А. Хміль стверджують, що «загальний ризик – це ймовірність реалізації комбінованого ефекту, обумовленого різними геодинамічними та техногенними збудженнями (впливами), які можуть сукупно діяти на певну інженерну споруду, спричинювати виникнення в ній негативних реакцій, що створюють передумови для надзвичайних (аварійних) ситуацій, реалізація яких носить ймовірнісний характер» [3].

Але, в українській науковій літературі багато авторів часто ризик R визначають як добуток наслідків негативної події P на ймовірність її настання q , тобто $R = Pq$ [4]. За Реймерсом Н.Ф., поняття екологічного ризику означає ймовірність виникнення негативних наслідків для життя людини, природних (екологічних) систем, природних ресурсів внаслідок випадкових, навмисних, поступових або катастрофічних змін оточуючого середовища, об'єктів та факторів.

Відповідно до нормативних документів для визначення техногенних ризиків, що виникають у системах водочистки ТЕЦ треба визначити стани, в яких може знаходитися будь-яка система водочистки і ризику в системах водочистки, які за походженням є техногенними, а за наслідками – екологічними.

Стани у яких система водочистки може знаходитися, можна підрозділити на 3 класи:

- клас 1 – граничний, система працює в штатному режимі, блоки і елементи працюють без відмов і збоїв;

- клас 2 – критичний, система працює в позаштатному режимі, деякі блоки або елементи системи працюють в режимі часткової відмови;

- клас 3 – небезпечний, система практично не працює, тобто не очищує воду, деякі блоки або елементи системи знаходяться в стані відмови.

Ризики, що виникають при роботі систем водоочищення і по яким можна оцінювати її техногенну безпеку, можна визначити як:

а) імовірності подачі даною системою споживачу неочищеної води в результаті відмов блоків і елементів цієї системи – стан 3 – небезпечний;

б) імовірності подачі даною системою споживачу неякісної води в результаті, часткових відмов і позаштатної роботи блоків і елементів цієї системи – стан 2 – критичний;

в) імовірності подачі даною системою споживачу неочищеної води, коли система знаходиться у стані 1 - граничному, з-за природної інерційності, що властива конкретним фізико – хімічним процесам, на яких працює дійсна система.

Існуючі на сьогодні методи водоочищення створюють ризики погіршення режиму роботи чи виходу з ладу енергогенеруючого обладнання і влучення в екологічне середовище шкідливих домішок, що створюють як у короткостроковому, так і в довгостроковому плані ризик і для життєдіяльності людей. Тому аналіз, визначення і управління техногенними ризиками, виникаючими в системах водоочищення в теплоенергетиці для підвищення їх надійності і безпеки експлуатації енергетичних і теплотехнічних установок є актуальною і перспективною проблемою в різних галузях промисловості.

Система водоочищення як і будь-яка складна система при роботі може мати збої, це може бути пов'язано з природною інерційністю робочих процесів, зі зміною вхідних параметрів води, з коливаннями активності реагентів і від деяких інших причин. Однак, необхідно дослідити похибки, що виникають при штатній роботі системи водоочищення і погіршують не тільки показники якості води, но і стан екологічної безпеки довкілля.

Розгляд і аналіз даних обставин можливо тільки в тому випадку, якщо робочі процеси, що мають місце при роботі системи водоочищення розглядати, як ланки єдиної системи робочого процесу, причому ця система може бути як замкнутою так і розімкнутою. Таким чином, необхідно розглядати ланки системи, що представляють не блоки, а її робочі процеси. Це дає можливість досліджувати різні технології водоочищення і визначити ризики, що виникають при їхньому використанні.

Метою дослідження є аналіз і визначення техногенних ризиків при штатній роботі у процесі водоочищення методом реагентної коагуляції і електрокоагуляції.

Технологія реагентної коагуляції широко використовується в теплоенергетиці для очищення грубо і дрібнодисперсних колоїдних систем, причому розмір дисперсних часток коливається в досить широких межах від 10^{-9} до 10^{-4} м [5–10].

Для очищення таких вод необхідний поділ рідкої і твердої фази. При використанні реагентної технології, застосовується метод укрупнення дрібних часток в агрегати під дією коагулянтів, флокулянтів і їхніх сумішей.

Низькомолекулярні неорганічні чи органічні електроліти, що сприяють агрегації часток називаються коагуляторами. Солі, що гідролізуються і на

основі яких створюються вищевказані електроліти називаються коагулянтами. Це в більшості випадків є сульфати, галогеніди багатозарядних катіонів, в основному $Al_2(SO_4)_3$ і $FeSO_4$. Флокулянти це органічні і неорганічні високомолекулярні з'єднання, що сприяють утворенню агрегатів за рахунок об'єднання декількох часток за допомогою макромолекул адсорбованого чи хімічно зв'язаного полімеру і інтенсифікують процес пластівкоутворення. В якості флокулянта використовують поліакриламід (ПАА). У такий спосіб суть технології водоочищення методом реагентної коагуляції від колоїдно-дисперсних систем полягає в зниженні стійкості дисперсних систем за допомогою агрегування часток дисперсної фази під дією коагулянтів і флокулянтів з подальшим поділом твердої і рідкої фаз за рахунок водовідстоювання, фільтрування і за рахунок деяких інших методів.

Варто враховувати, що дисперсні системи поділяються на ліофільні системи і на ліофобні.

Перші характеризуються сильною міжмолекулярною взаємодією часток дисперсної фази із середовищем (водою) і високою термодинамічною стійкістю системи.

Другі характеризуються значною енергією зв'язку усередині дисперсної фази, що значно вище енергії взаємодії із середовищем. Для цих систем розрізняють седиментаційну стійкість щодо сил гравітації й агрегативну стійкість, що характеризує опір часток злипанню.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Робочі процеси технології реагентної коагуляції можуть бути представлені наступними ланками (рис. 1) [6, 7].

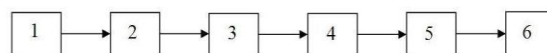


Рисунок 1 – Ланки робочого процесу реагентної коагуляції: 1 – дозування коагулянту; 2 – ріст активності коагулянту у воді, що очищається; 3 – процес коагуляції; 4 – процес осадження пластівців, що скоагулювали; 5 – фільтрація очищеного розчину; 6 – зміна концентрації води у водоприймачі

1. Спрацьовування дозатора. Відкривається заслонка і через якийсь час коагулянт надходить у воду, що очищається. З погляду динамічних властивостей дозатор представляє із себе запізнілу ланку, вихідна величина якої точно повторює вхідну величину, однак з деяким запізнюванням за часом. Час запізнювання залежить від конкретної конструкції і режиму роботи дозатора. У такий спосіб рівняння дозатора може бути представлено таким вираженням [10]:

$$m_{\text{вих}}(t) = m_{\text{вх}}(t - \tau) \quad (1)$$

де $m_{\text{вих}}$ і $m_{\text{вх}}$ відповідно вихідна і вхідна маса коагулянту, τ – час запізнювання.

Передатна функція цієї ланки, тобто відношення вихідної величини до вхідного, представлено в операторній формі буде:

$$W(p) = e^{-p\phi}, \quad (2)$$

де p – комплексна перемінна, використовувана в перетвореннях Лапласа.

У такий спосіб можна сказати, що процес реагентної коагуляції починається з деяким запізнюванням.

2. Процес підвищення активності коагулянту. Як показано в роботі [6, 7, 9, 10], 100 % активність коагулянту настає не відразу, а через якийсь час.

Рівняння цього процесу має вигляд:

$$T \cdot \frac{dA_{\text{акт}}}{dt} + A_{\text{акт}} = k \cdot A_{\text{ек}}, \quad (3)$$

де T – постійна часу процесу; A – активність коагулянту (0 – 1); k – коефіцієнт пропорційності чи коефіцієнт підсилення ланки.

Передатна функція буде дорівнює:

$$W_1(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1}. \quad (4)$$

У такий спосіб процес підвищення активності коагулянту відповідає закону зміни вихідної величини аперіодичної ланки

3. Процес коагуляції описується рівнянням Смолюховського [6, 7, 9], що має вигляд:

$$\frac{dK_{\text{акт}}}{dt} = -\frac{2}{3} \cdot \frac{R \cdot T \cdot \rho \cdot K_{\text{ек}}^2}{\eta \cdot r}, \quad (5)$$

де, $K_{\text{акт}}$ – поточна концентрація скоагульованих домішок; $K_{\text{ек}}$ – максимальна концентрація скоагульованих домішок; R – радіус сфери притягання часток; T – температура середовища; t – поточний час; z – динамічна в'язкість середовища; r – радіус часток; s – відстань між частками.

На практиці, сполучення концентрацій, що забезпечуються блоками системи, практично ніколи не буває по найбільшому чи за найменшим значенням. Це надає право застосувати імовірнісний закон підсумовування концентрацій, з обліком деякого припустимого ризику і після перетворення може бути представлено таким чином:

$$\frac{dK_{\text{акт}}}{dt} = -k_1 \cdot K_{\text{ек}}^2 \quad (6)$$

відкля передатна функція буде:

$$W_2(p) = \frac{K(p)}{K^2(p)} = \frac{-m}{p} \quad (7)$$

Процес осадження скоагульованих пластівців.

Ріст концентрації осаду в часі можна описати рівнянням [6, 7, 9]

$$T_2 \cdot \frac{dK_{\text{акт}}}{dt} + K_{\text{акт}} = k_2 \cdot K_{\text{ек}} \quad (8)$$

У цьому випадку передатна функція буде:

$$W_3(p) = \frac{k_2}{T_2 \cdot p + 1} \quad (9)$$

Остаточне очищення завершується процесом фільтрації, рівняння якого має вигляд [7, 9]:

$$\frac{dV}{S \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{\text{ос}} + R_{\text{пер}})} \quad (10)$$

де V – обсяг фільтрату; S – площа фільтруючої поверхні; ΔP – різниця тисків до і після фільтра; μ – в'язкість фільтрату; $R_{\text{ос}}$ – опір осаду; $R_{\text{пер}}$ – опір фільтруючої перегородки.

Передатна функція буде:

$$W_4(p) = \frac{z}{p} \quad (11)$$

Кінцева ланка процесу водоочищення це деякий водоспоживач, що споживає визначену масу очищеної води і містить її визначений обсяг. Ця ланка може бути представлена деяким водозбірником. Зміна концентрації домішок у воді в даному водозбірнику може бути виражено залежністю:

$$K_{(t)} = \frac{(V - v \cdot t) \cdot K_1 + v \cdot t \cdot K_2}{V} \quad (12)$$

де V – обсяг води у водоприймачі; v – швидкість фільтрації; K_1 – початкова концентрація домішок у воді, що надходить на очищення; K_2 – концентрація домішок у воді після їхнього осадження; t – поточний час.

Передатна функція процесу водоочищення при використанні технології коагуляції буде [9, 11]:

$$W_{(\text{об})} = W(p) \cdot W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p) \quad (13)$$

Для дослідження динаміки процесу методом математичного моделювання, необхідно вирішити наступну систему рівнянь, з огляду на те, що вихід попередньої ланки є входом наступної.

$$T \cdot \frac{dA_{\text{акт}}}{dt} + A_{\text{акт}} = k \cdot A_{\text{ек}}$$

$$\frac{dK_{\text{акт}}}{dt} = -\frac{2}{3} \cdot \frac{R \cdot T \cdot \rho \cdot K_{\text{ек}}^2}{\eta \cdot r}$$

$$T_2 \cdot \frac{dK_{\text{акт}}}{dt} + K_{\text{акт}} = k_2 \cdot K_{\text{ек}} \quad (14)$$

$$\frac{dV}{S \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{\text{ос}} + R_{\text{пер}})} \quad (17)$$

$$K_{(t)} = \frac{(V - v \cdot t) \cdot K_1 + v \cdot t \cdot K_2}{V}$$

При рішенні даної системи варто враховувати той факт, що мається деяка затримка за часом ϕ , що забезпечується запізнілим ланкою – дозатором.

Динамічні характеристики процесу можна досліджувати також за допомогою передатних функцій (4), використовуючи апарат теорії автоматичного управління [9–11]. Однак рішення системи (5) дає більш наочне представлення про динаміку процесу і дає більш реальні представлення про зміну концентрації забруднень у часі. Це важливо, тому що дає можливість мати представлення про те, яку частину часу роботи системи водоочищення, що працює в штатному режимі, споживачу надходить недоочищена вода. В даний час рішення системи (5) значно полегшується, тому що в даний час є могутні мате-

матичні додатки типу MATCAD і MATLAB, що дають можливість одержувати як чисельні так і аналітичні рішення.

Приймаємо за даними робіт [6, 7, 9, 10] значення $K_1 = 1000$ мг/л, $T = 0,5$ хв., $T = 2$ хв., площа фільтруючої поверхні фільтра $S = 1$ м², швидкість руху рідини після фільтру 8,32 л/хв., $V = 0,5$ м³. Інші величини також приймаємо за даними вищезгаданих робіт. У результаті математичного моделювання одержуємо динаміку процесу зміни концентрацій забруднень при очищенні води за допомогою технології коагуляції, як показано на рис. 2.

Як видно з результатів математичного моделювання, зміна концентрації в реагентній ємності відбувається за 5–7 хв. Це означає, що щораз, коли відбувається зміна концентрації дисперсних домішок на вході вона коректується відповідною зміною дози коагулянту, принаймні 5 хв, що складе 41,6 л неочищеної води. При досить частій зміні концентрації на вході чи при зміні активності коагулянту, частка забрудненої води при роботі установки водоочищення в штатному режимі, може бути досить велика.

Як видно по результатом моделювання, зміна концентрації води у водоприймачі відбувається значно повільніше, на що звертається увага в роботах [9, 10].

Таким чином, отримані результати по зміні концентрації $K_4(\phi)$, можна прийняти як основу для розрахунку ризиків, оскільки при збільшенні обсягу водоприймача, пропорційно збільшується площа фільтрації і кількість фільтрів.

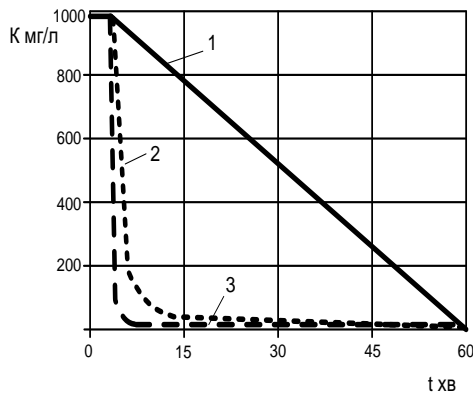


Рисунок 2 – Зміна концентрацій забруднень у період процесу водоочищення технологією реагентної коагуляції: 3 – зміна концентрації нескоагульованих часток дисперсних домішок; 2 – зміна концентрації дисперсних домішок у воді, що очищається, при осадженні скоагульованих часток; 1 – зміна концентрації води, що очищається, у водоприймачі; t – поточний час у хв.

Значні зміни концентрації забруднюючих речовин на вході системи водоочищення може бути викликано декількома причинами.

Основні з них – сезонні паводки і стоки, що стікають у джерела відкілья забирається вода. Ці стоки

звичайно мають місце навесні, під час інтенсивного танення снігу і восени під час інтенсивних дощів. За даними джерел [6, 7, 9] концентрація дисперсних домішок може збільшуватися в два і більш рази. Оскільки, як видно з рис. 2, процес водоочищення володіє значною інерційністю, то навіть при штатній роботі цієї системи концентрація забруднюючих домішок на виході системи може вийти за припустимі межі. Математичне моделювання, з використанням системи (5) і за умови стрибкоподібної зміни концентрації на вході дає наступні закономірності.

Зміни активності коагулянту істотно позначаються на ступені очищення води. Ця активність залежить від температури води на вході, що природно залежить від сезонних коливань температури навколишнього середовища. Крім того, активність коагулянту в межах однієї і тієї ж марки за ГОСТ коливається приблизно на 10 %.

Як видно з вищевикладеного, у процесі водоочищення методом реагентної коагуляції, при штатній роботі системи водоочищення, мають ризики того, що водоспоживач одержить забруднену воду.

Причини цього наступні:

- коливання концентрації забруднень на вході системи водоочищення в результаті паводків, дощів, танення снігу, а також у результаті різних аварій і несанкціонованих скидань у водне джерело різних забруднюючих речовин;
- коливання активності коагулянту, у залежності від його марки за ГОСТ;
- коливання температури води на вході системи водоочищення через погодні умови.

Отже, при штатній роботі системи водоочищення, є наступні види ризиків:

$P(A)$ – імовірність зміни концентрації забруднюючих речовин на виході системи, у результаті зміни концентрації на її вході під дією погодних умов;

$P(B)$ – імовірність зміни концентрації забруднюючих речовин на виході системи, у результаті зміни активності коагулянту, зв'язаної з його різними марками;

$P(C)$ – імовірність зміни концентрації забруднюючих речовин на виході системи, у результаті зміни температури води на її вході під дією погодних умов.

Імовірність появи кожного з вищевказаних подій, не виключає появи інших подій, отже, ці події є спільними і загальна імовірність повинна розраховуватися виходячи саме з цього. З обліком сказаного маємо:

$$P_{\text{заг}} = P(A+B+C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A \cdot B \cdot C). \quad (15)$$

Якщо прийняти за даними джерел [6, 7] відповідно 0,0274; 0,0548 і 0,001 одержуємо загальну імовірність чи ризик одержання недоочищеної води 0,0806. Для системи водоочищення середньої продуктивності 40 м³/годину, кількість недоочищеної води складе приблизно 28242 м³/рік. Це значна ве-

личина, яку необхідно враховувати для оцінки техногенних, соціально-екологічних та економічних ризиків.

Технологію електрокоагуляції, можна розглядати як різновид технології реагентної коагуляції, що має свої визначені закони. Основна відмінність полягає в тому, що цей процес легко піддається регулюванню й автоматизації. Доза виділюваного коагулянту досить жорстко зв'язана з параметрами процесу – напругою і струмом. Саме тому алгоритм визначення ризиків в технології електрокоагуляції подібний визначенню ризиків в технології реагентної коагуляції.

ВИСНОВКИ. 1. При досить частій зміні концентрації на вході чи при зміні активності робочих процесів водоочищення, частка забрудненої води при роботі установки водоочищення в штатному режимі, може бути досить велика і перевищувати звичайно прийняту припустиму величину 1 -2 %, що зв'язано з природною інерційністю робочих процесів.

2. Зміна концентрації води у водоприймачі відбувається значно повільніше чим на виході власне установки, при будь-якому методі водоочищення. Результати по зміні концентрації води у водоприймачі, можна прийняти як основу для розрахунку ризиків, оскільки при збільшенні обсягу водоприймача, істотно змінюються динамічні характеристики всієї системи водоочищення.

3. Виходячи з результатів моделювання роботи системи реагентної коагуляції і електрокоагуляції, видно, що при штатній роботі системи, при досить частих змінах концентрації на вході (що в більшості випадків відповідає дійсності) ризик одержання недоочищеної води є значним.

4. Для системи реагентної коагуляції і електрокоагуляції при середній продуктивності 40 м³/годину, ризик одержання забрудненої води на виході системи складає приблизно 28242 м³/рік, тобто 0,08. Це значна величина, яку необхідно враховувати для оцінки економічних і соціально-екологічних ризиків, оскільки вона перевищує 0,01 ризику, що звичайно допускається при роботі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ Міністерства праці та соціальної політики України № 637 від 04.12.2002 р. «Про затвердження Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки». Київ, 2002.
2. Качинский А. Б., Агаркова Н. В. Структурный анализ системы обеспечения экологической и природно-техногенной безопасности Украины. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2013. № 1. С. 7–15.
3. Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л., Хміль Г. А. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління. К.: Наукова думка, 2008. 543 с.
4. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска: пер. с англ. М.: Машиностроение, 1984. 528 с.
5. Кульский Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. К.: Наукова думка, 1983. 528 с.
6. Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для вузов. С. В. Яковлев., Я. А. Карелин., Ю. М. Ласков и др. Под ред. Яковлева С. В. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1985. 335 с.
7. Кульский Л. А., Строкач П. И. Технология очистки природных вод. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища школа, Головное изд-во, 1986. 352 с.
8. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник / [Запольський А. К., Мішкова-Клименко Н. А., Астрелін І. М., Брик М. Т., Гвоздяк П. І., Князькова Т. В.]. К.: Лібра, 2000. 552 с.
9. Разработка комплексной безотходной технологии утилизации сточных вод ТЭЦ БКХЗ: Отчет о НИР. *Северодонецкий технологический институт ВУГУ*; № 83936937. Северодонецк, 1993. 200 с.
10. Уряднікова І. В. Ресурсозберігаюча технологія підготовки теплоносія для теплових енергоустановок: Дис... канд. техн. наук: 05.14.14 / Уряднікова Інґа Вікторівна. Одеса, 2001. 200 с.
11. Уряднікова І. В. Конструктивне оформлення і принцип роботи електрокоагулятора для очищення води. *Холодильна техніка і технологія*. Одеса, 2002. № 5(79). С. 44–46.

ANALYSIS AND DETERMINATION OF TECHNOGENIC RISKS IN FULL-TIME WORK IN THE PROCESS OF WATER PURIFICATION BY THE METHOD OF REAGENT COAGULATION AND ELECTROCOAGULATION

I. Uriadnikova

Bila Tserkva Institute of Continuing Professional Education of the University of Education Management vul. Levanevskoho, 52/4, Bila Tserkva, Kyiv region, 09108, Ukraine, E-mail: ingavictory@gmail.com

Purpose. The current state of thermal power industry is highlighted, in which the growth of capacities of thermal power plants and thermal power plants and limited water flow requires an increase in the share of circulating water supply systems and the transition from direct to circulating water supply systems. There are particularly acute issues of reliability and efficiency of operation of power equipment, which is an integral part of the overall system of technical water supply in the heat industry and the operation of which depends on the quality of water in these systems. Existing water treatment methods create risks of deterioration or failure of energy generating equipment and the impact on the environment of harmful impurities, which create both short-term and long-term risk to human life. **Methodology.** It is analyzed that in accordance with the normative documents to determine the man-made risks arising in CHP water treatment systems, it is necessary to determine the conditions in which any water treatment system can be and risks in water treatment systems that are man-made in origin and environmental in consequences. The conditions in which the water treatment system can be, can be divided into 3 classes: class 1 - limit, the system works normally, units and ele-

ments work without failures and failures; class 2 - critical, the system operates in freelance mode, some units or elements of the system operate in partial failure mode; class 3 - dangerous, the system does not work, ie does not purify water, some units or elements of the system are in a state of failure. **Originality.** The article contains data that the water purification system as well as any complex system at work can fail, it can be connected with natural inertia of working processes, with change of input parameters of water, with fluctuations of activity of reagents and because of some other reasons. However, it is necessary to investigate the errors that occur during the normal operation of the water treatment system and worsen not only the quality of water, but also the state of environmental safety. **Practical value.** Consideration and analysis of these circumstances are possible only if the workflows that take place during the operation of the water treatment system are considered as parts of a single workflow system, and this system can be both closed and open. Thus, it is necessary to consider the links of the system, which are not blocks, but its workflows. This makes it possible to study different water treatment technologies and identify the risks that arise when using them. **Results.** The dynamic characteristics of the process can also be investigated using transfer functions using the apparatus of automatic control theory. However, the solution of the system gives a clearer idea of the dynamics of the process and gives a more realistic idea of the change in the concentration of contaminants over time. This is important because it gives an opportunity to have an idea of what part of the operating time of the water treatment system, operating normally, the consumer receives untreated water. Based on the results of modeling the system of reagent coagulation and electrocoagulation, it is seen that during normal operation of the system, with fairly frequent changes in the concentration at the inlet (which in most cases is true) the risk of untreated water is significant. The purpose of the study - analysis and determination of man-made risks in the regular work in the process of water purification by the method of reagent coagulation and electrocoagulation.

Key words: heat energy, reagent coagulation, electrocoagulation, technogenic risk, ecological safety.

REFERENCES

1. «Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachennia ryzykiv ta yih pryiniatnyh rivniv dlia deklaruvannia bezpek ob'ektiv pidvyshchenoi nebezpeky»: Nakaz Ministerstva praci ta socialnoyi polityky Ukrainy # 637 vid 04.12.2002 r. Kyiv, 2002, [In Ukrainian].
2. Kachinskij, A. B., Agarkova N. V. (2013), Strukturnyy analiz sistem obespecheniya ekologicheskoy i prirodno-tekhnogennoy bezopasnosti Ukrainy. [Structural analysis of the system for ensuring environmental and natural-technological safety of Ukraine]. *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tehnologii*, no. 1, pp. 7–15. [In Russian].
3. Lysychenko, G. V., Zabulonov, Yu. L., Khmil, G. A. (2008), Pryrodnyi, tekhnohennyi ta ekolohichni ryzyky: analiz, otsinka, upravlinnia. [Natural, man-made and environmental risks: analysis, assessment, management]. Kyiv, Naukovadumka, p. 543. [In Ukrainian].
4. Henli, Je. Dzh., Kumamoto, H. (1984), Nadezhnost tekhnicheskikh sistem i otsenka riska: per. s angl. [Reliability of technical systems and risk assessment: translated from English]. Moskva, Mashinostroenie, p. 528. [In Russian].
5. Kul'skiy, L. A. (1983), Teoreticheskie osnovy i tehnologija kondicionirovaniya vody. [Theoretical foundation sand technology of water conditioning]. Kiev, Naukova dumka, p. 528. [In Russian].
6. Yakovlev, S. V., Karelin, Ja. A., Laskov, Ju. M. i dr. (1985), Ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod. [Industrial waste water treatment]. Ucheb. Posobie dlja vuzov. Pod red. Yakovleva S. V. –2-e izd. pererab. i dop. Moskva, Strojizdat, p. 335. [In Russian].
7. Kul'skiy, L. A., Strokach, P. I. (1986), Tehnologija ochistki prirodnykh vod. [Natural water purification technology]. 2-e izd., pererab. i dop. Kiev, Vishha shkola, Golovnoe izd-vo, p. 352. [In Russian].
8. Zapolskiy, A. K., Mishkova-Klymenko, N. A., Astrelin, I. M., Bryk, M. T., Gvozdyak, P. I., Knyazkova, T. V. (2000), Fyzyko-khimichni osnovy tehnologii ochyshchennia stichnykh vod: Pidruchnyk [Physico-chemical bases of sewage treatment technology: Textbook]. Kyiv, Libra, p. 552. [In Ukrainian].
9. Razrabotka kompleksnoy bezothodnoy tehnologii utilizacii stochnykh vod TJeC BKHZ: Otchet o NIR. (1993), [Development of anintegrated waste-free technology for waste water utilization at BKHZ CHPP: Research report]. Severodoneckij tehnologicheskij institut VUGU, no. 83936937. Severodoneck, p. 200. [In Russian].
10. Uriadnikova, I. V. (2001), Resursozberihaiucha tehnolohiia pidhotovky teplonosiiia dlia teplovykh enerhoustonovok. [Resource-saving technology of heat carrier preparation for thermal power plants]. (PhD Thesis), Odesa, Odessa National Polytechnic University. [In Ukrainian].
11. Uryadnikova, I. V. (2002), Konstruktyvne oformlennia i pryntsyp roboty elektrokoahuliatora dlia ochyshchennia vody. [Structural design and principle of operation of the electrocoagulator for water purification]. *Kholodylna tehnika i tehnolohiia*. Odesa, no. 5(79), pp. 44 - 46. [In Ukrainian].

Стаття надійшла 26.10.2020.