

628.1
437

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

АЙРАПЕТЯН ТАМАРА СТЕПАНІВНА



УДК 628.16

**ЗАМКНЕНИЙ ЦИКЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ УСТАНОВОК ХІМІЧНОЇ
ПІДГОТОВКИ ВОДИ ПІДПРИЄМСТВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ**

05.23.04 – Водопостачання, каналізація

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2004

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підприємства теплоенергетики є одними з найбільш значних споживачів води в народному господарстві як України, так і інших країн СНД. Достатньо відмітити, що одна сучасна теплова електрична станція (ТЕС) споживає 100-150 тис. м³/год води. Одночасно ці підприємства характеризуються значною кількістю стічних вод та значною кількістю забруднень. У теперішній час тільки 10 значних ТЕС або теплоенергоцентралей (ТЕЦ) України скидають у водні об'єкти більш 100 млн. м³/рік стічних вод, біля 40 тис. т у рік різних солей та інших забруднень, зокрема термальних.

Охорона водоймищ від забруднення стічними водами та раціональне використання водних ресурсів є однією з найважливіших народногосподарських задач. Для вирішення цієї задачі все більше поширення набувають замкнені системи водного господарства промислових підприємств та промислових вузлів, які повністю виключають скид стічних вод у водні об'єкти. Створення замкнених екологічно чистих систем оборотного водопостачання теплових електричних станцій є дуже актуальною задачею як для України, так і для інших країн, які відчувають дефіцит прісної води.

На установках хімічної підготовки води утворюються декілька видів стічних вод: стічні води та осад (шлами) від освітлювачів (вертикальних відстійників) для реагентного (содо-вапняного) пом'якшення води; стічні води від промивки механічних фільтрів; стічні води від спущування завантаження натрій-катіонітових фільтрів; засолонені стічні води від промивки (регенерації) натрій-катіонітових фільтрів.

У теперішній час перелічені стічні води скидають у міську каналізаційну мережу, а потім у водні об'єкти. Тому розробка методів і засобів очистки та використання зазначених стічних вод є своєчасною та надзвичайно актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася в рамках державної програми "Екологічно чиста енергетика і ресурсозберігаючі технології" і тісно пов'язана з планами держбюджетної тематики Харківської національної академії міського господарства на замовлення Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0198U00191).

Мета і задачі роботи. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування і розробка технології та засобів обробки стічних вод від основних процесів хімічної підготовки води підприємств теплоенергетики, які дозволяють використовувати ці води у замкненому циркуляційному контурі, що виключає скид стічних вод і солей у водні об'єкти.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз хімічного складу стічних вод, що утворюються в процесі хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики;
- науково обґрунтувати і визначити основні параметри роботи замкненого контуру циркуляції промивної (регенераційної) води натрій-катіонітових фільтрів;
- побудувати математичну модель процесу очищення стічних вод від завислих речовин;

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підприємства теплоенергетики є одними з найбільш значних споживачів води в народному господарстві як України, так і інших країн СНД. Достатньо відмітити, що одна сучасна теплова електрична станція (ТЕС) споживає 100-150 тис. м³/год води. Одночасно ці підприємства характеризуються значною кількістю стічних вод та значною кількістю забруднень. У теперішній час тільки 10 значних ТЕС або теплоенергоцентралей (ТЕЦ) України скидають у водні об'єкти більш 100 млн. м³/рік стічних вод, біля 40 тис. т у рік різних солей та інших забруднень, зокрема термальних.

Охорона водоймищ від забруднення стічними водами та раціональне використання водних ресурсів є однією з найважливіших народногосподарських задач. Для вирішення цієї задачі все більше поширення набувають замкнені системи водного господарства промислових підприємств та промислових вузлів, які повністю виключають скид стічних вод у водні об'єкти. Створення замкнених екологічно чистих систем оборотного водопостачання теплових електричних станцій є дуже актуальною задачею як для України, так і для інших країн, які відчувають дефіцит прісної води.

На установках хімічної підготовки води утворюються декілька видів стічних вод: стічні води та осад (шлами) від освітлювачів (вертикальних відстійників) для реагентного (содо-вапняного) пом'якшення води; стічні води від промивки механічних фільтрів; стічні води від спущування завантаження натрій-катіонітових фільтрів; засолонені стічні води від промивки (регенерації) натрій-катіонітових фільтрів.

У теперішній час перелічені стічні води скидають у міську каналізаційну мережу, а потім у водні об'єкти. Тому розробка методів і засобів очистки та використання зазначених стічних вод є своєчасною та надзвичайно актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася в рамках державної програми "Екологічно чиста енергетика і ресурсозберігаючі технології" і тісно пов'язана з планами держбюджетної тематики Харківської національної академії міського господарства на замовлення Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0198U00191).

Мета і задачі роботи. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування і розробка технології та засобів обробки стічних вод від основних процесів хімічної підготовки води підприємств теплоенергетики, які дозволяють використовувати ці води у замкненому циркуляційному контурі, що виключає скид стічних вод і солей у водні об'єкти.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз хімічного складу стічних вод, що утворюються в процесі хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики;
- науково обґрунтувати і визначити основні параметри роботи замкненого контуру циркуляції промивної (регенераційної) води натрій-катіонітових фільтрів;
- побудувати математичну модель процесу очищення стічних вод від завислих речовин;

свіжої води, одержати економію повареної солі та значно скоротити кількість регенераційних стічних вод.

Результати дисертаційної роботи прийняті до реалізації на ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м. Харкова (технологічна схема замкненого цикла регенерації натрій-катионітових фільтрів, що виключає скид засолонених стічних вод у міську каналізаційну мережу).

Наукова робота має суттєвий екологічний ефект за рахунок значного скорочення скиду засолонених стічних вод у водні об'єкти.

Особистий внесок автора. Наукові результати, які викладені в дисертації, отримані особисто автором на підставі виконаного аналізу існуючих методів очистки, обробки і використання води в системах оборотного водопостачання на підприємствах теплоенергетики. Виконано аналіз роботи діючих систем водопостачання ТЕЦ і вивчено склад стічних вод від основних процесів хімічної підготовки води. Автору належить розробка методики, організація експериментальних досліджень по очистці стічних вод від промивки (регенерації) натрій-катионітових фільтрів з метою їх використання в замкненому оборотному циклі й математична обробка їх результатів. Побудовано математичну модель розрахунку очищення стічних вод від завислих речовин. Удосконалено конструкцію відкритого гідроциклону для очистки стічних вод від завислих речовин. Визначено дозу реагентів для пом'якшення стічних вод від регенерації натрій-катионітових фільтрів. Виконано розрахунки водного і сольового (матеріального) балансів для існуючої схеми та схеми, що рекомендується для водопостачання і водовідведення установок хімічної підготовки води.

Апробація роботи. Основні результати та головні положення дисертації доповідалися на науково-технічних конференціях: Харківської національної академії міського господарства (2001-2003 р.р.) та Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (2002, 2003 р.р.); IX міжнародній конференції "Екологія та здоров'я людини. Охорона водного та повітряного басейнів. Утилізація відходів" (УДНДІ УкрВОДГЕО, 2001р.); міжнародних конгресах: "Вода: екологія і технологія" (ЕКВАТЕК-2002, м. Москва, 2002р.) та "Екологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація" (ЕТЕВК-2003, Крим, м. Ялта, 2003р.); XXVIII міжнародній конференції Донбаської державної академії будівництва і архітектури "Будівлі та споруди із застосуванням нових конструкцій та матеріалів" (м. Макіївка, 2002р.); міжнародних науково-практичних конференціях: "Сталий розвиток міст" (м. Харків, 2002 р.) та "Вода для сталого розвитку суспільства. Інтегральне управління водними ресурсами" (Крим, м. Щолкіно, 2003р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 13 друкованих робіт у різних виданнях України, в тому числі 6 в фахових виданнях, регламентованих ВАК, 2 патенти України.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури з 198 найменувань, 3 додатків і вміщує 134 сторінки основного тексту, 48 рисунків і 29 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, об'єкт та предмет дисертаційного дослідження, наведено методи дослідження, наукову новизну і практичну цінність.

У першому розділі дисертації наведено аналіз стану питання очистки, обробки та використання в системах оборотного водопостачання стічних вод підприємств теплоенергетики, зокрема, установок хімічної підготовки води, що скидають у каналізаційну мережу та водні об'єкти досить значну кількість стічних вод та солей, які наносять їм істотну екологічну шкоду. Виконано аналіз існуючих методів обробки і можливих шляхів використання стічних вод установок іонообмінного пом'якшення, обґрунтовано обраний напрям та сформульовані основні задачі дослідження. Розглянуто джерела утворення і хімічний склад основних категорій стічних вод ТЕС і ТЕЦ, проведено детальний огляд методів очистки природних та стічних вод.

Проведений аналіз показав, що значна частина стічних вод та осадів, які утворюються в процесі хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики, практично повсюдно скидаються у міську каналізаційну мережу. Показано, що в процесі хімічної підготовки води утворюються дві основні категорії стічних вод: перша – від промивки механічних фільтрів і спущування завантаження натрій-катионітових фільтрів та інших операцій, яка забруднена дрібнодисперсними завислими речовинами; друга – від регенерації Na-катионітових фільтрів, яка забруднена солями жорсткості та хлоридами, що в теперішній час скидаються у каналізаційну мережу і потім потрапляють у водні об'єкти. Також слід відмітити, що основний об'єм хімічно забруднених стічних вод, що утворюються в процесі хімічної підготовки води, складають стічні води установок іонообмінного пом'якшення (Na-катионування).

Питаннями очистки (обробки) стічних вод від регенерації (відмивки) Na-катионітових фільтрів з метою їх повторного використання у циклі хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики займались багато вчених: Кульський Л.А., Гладков В.А., Кучеренко Д.І., Апелцин І.Е., Алферова Л.А., Амосова А.Г., Фейзієв Г.К., Пантелєв Г.С., Висоцький С.В. та інші. Але питання створення замкнених систем хімводоочистки залишається на практиці не до кінця розробленим. Існуючі методи обробки указаних вод відрізняються складністю, високою вартістю та не дозволяють створити замкнені циркуляційні контури хімічної підготовки води для живлення парових котлів.

Показано, що найбільш перспективним напрямком у питанні запобігання забруднення водних об'єктів стічними водами хімводоочистки є розробка методів та засобів їх обробки з метою використання у циклі хімічної підготовки води. Сказане в першу чергу відноситься до стічних вод, які утворюються від основних технологічних операцій підготовки води на ТЕЦ і ТЕС.

В другому розділі містяться результати досліджень роботи систем водопостачання деяких діючих представницьких ТЕЦ України – одна у складі Алчевського металургійного комбінату, друга – ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м. Харкова.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, об'єкт та предмет дисертаційного дослідження, наведено методи дослідження, наукову новизну і практичну цінність.

У першому розділі дисертації наведено аналіз стану питання очистки, обробки та використання в системах оборотного водопостачання стічних вод підприємств теплоенергетики, зокрема, установок хімічної підготовки води, що скидають у каналізаційну мережу та водні об'єкти досить значну кількість стічних вод та солей, які наносять їм істотну екологічну шкоду. Виконано аналіз існуючих методів обробки і можливих шляхів використання стічних вод установок іонообмінного пом'якшення, обґрунтовано обраний напрям та сформульовані основні задачі дослідження. Розглянуто джерела утворення і хімічний склад основних категорій стічних вод ТЕС і ТЕЦ, проведено детальний огляд методів очистки природних та стічних вод.

Проведений аналіз показав, що значна частина стічних вод та осадів, які утворюються в процесі хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики, практично повсюдно скидаються у міську каналізаційну мережу. Показано, що в процесі хімічної підготовки води утворюються дві основні категорії стічних вод: перша – від промивки механічних фільтрів і спущування завантаження натрій-катионітових фільтрів та інших операцій, яка забруднена дрібнодисперсними завислими речовинами; друга – від регенерації Na-катионітових фільтрів, яка забруднена солями жорсткості та хлоридами, що в теперішній час скидаються у каналізаційну мережу і потім потрапляють у водні об'єкти. Також слід відмітити, що основний об'єм хімічно забруднених стічних вод, що утворюються в процесі хімічної підготовки води, складають стічні води установок іонообмінного пом'якшення (Na-катионування).

Питаннями очистки (обробки) стічних вод від регенерації (відмивки) Na-катионітових фільтрів з метою їх повторного використання у циклі хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики займалися багато вчених: Кульський Л.А., Гладков В.А., Кучеренко Д.І., Апелъцин І.Е., Алферова Л.А., Амосова А.Г., Фейзієв Г.К., Пантелєєв Г.С., Висоцький С.В. та інші. Але питання створення замкнених систем хімводоочистки залишається на практиці не до кінця розробленим. Існуючі методи обробки указаних вод відрізняються складністю, високою вартістю та не дозволяють створити замкнені циркуляційні контури хімічної підготовки води для живлення парових котлів.

Показано, що найбільш перспективним напрямком у питанні запобігання забруднення водних об'єктів стічними водами хімводоочистки є розробка методів та засобів їх обробки з метою використання у циклі хімічної підготовки води. Сказане в першу чергу відноситься до стічних вод, які утворюються від основних технологічних операцій підготовки води на ТЕЦ і ТЕС.

В другому розділі містяться результати досліджень роботи систем водопостачання деяких діючих представницьких ТЕЦ України – одна у складі Алчевського металургійного комбінату, друга – ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м. Харкова.

На рис. 2 наведено динаміку зміни концентрації хлоридів та жорсткості води в процесі промивки (регенерації) Na-катионітових фільтрів першого ступеня. В процесі досліджень встановлено, що концентрація хлоридів зростає з часом відмивки, сягаючи максимуму на 8-12 хвилини, потім концентрація хлоридів поступово знижується. Максимальна величина жорсткості в воді від промивки Na-катионітових фільтрів спостерігається на 5-7 хвилини (950-1000 мг-екв/л на 1-му ступені та 200-220 мг-екв/л – на 2-му ступені Na-катионування). Потім величина жорсткості також знижується. Отримані результати дослідження процесу відмивки (регенерації) Na-катионітових фільтрів свідчать про те, що максимальна кількість NaCl виводиться з фільтру за перші 20 хвилин (95-97%), у наступні 10-20 хвилин до завершення відмивки з фільтру виводиться всього 3-5 % NaCl. Середня концентрація хлоридів у воді від відмивки фільтрів за перші 20 хвилин коливається від 50 до 70 г/л, в останні 10-20 хвилин – 0,8-1,2 г/л.

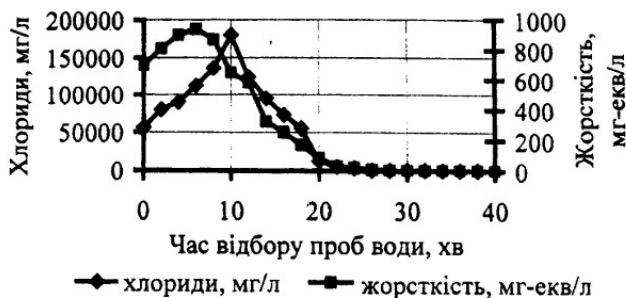


Рис.2. Динаміка зміни концентрації хлоридів та жорсткості води в процесі відмивки (регенерації) Na-катионітових фільтрів 1-ого ступеня

Третій розділ присвячено дослідженню методу обробки стічних вод від регенерації Na-катионітових фільтрів для повторного (багаторазового) використання. Наведено методику та результати експериментальних досліджень.

Дослідження здійснювали у лабораторних умовах у статичі. Метою експериментальних досліджень є вивчення параметрів пом'якшення стічних вод від регенерації Na-катионітових фільтрів та виявлення можливості використання обробленої (пом'якшеної) води у замкненому циклі. В якості базового об'єкта для проведення досліджень обрана ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м.Харкова, де було детально вивчено динаміку зміни хімічного складу стічних вод у процесі промивки (регенерації) Na-катионітових фільтрів. Проби стічних вод відбирали з інтервалом одна-дві хвилини та визначали концентрації хлоридів, величини жорсткості та лужності. Ці показники хімічного складу визначали також в усереднених пробах стічних вод за перші 20 хвилин, а також за весь період регенерації фільтрів.

Дослідження процесу пом'якшення проводили на штучно виготовленій воді, яка відповідає складу стічних вод, відібраних у процесі регенерації Na-катионітових фільтрів. Необхідні величини жорсткості (концентрації іонів кальцію та магнію) та хлоридів у воді отримували шляхом введення розчинів хлоридів кальцію, магнію та додаткової кількості хлористого натрію, щоб довести хлориди до необхідних концентрацій. При цьому жорсткість води, що підлягає обробці, коливалася у межах від

40,0 до 950 мг-екв/л, концентрація хлоридів – 6,5-190 г/л, загальний солевміст 1500-4500 мг/л.

Процес обробки (пом'якшення) указаних стічних вод (модельних розчинів) здійснювали содо-вапняним методом. Дози соди та вапна для обробки води визначали у відповідності до стехіометричних концентрацій іонів кальцію та магнію. Ефективність процесу пом'якшення стічних вод визначали шляхом аналізу оброблених вод на вміст концентрацій кальцію, магнію, величину загальної лужності, а також концентрацію хлоридів. Як показали проведені дослідження, обробка стічних вод дозволяє знизити загальну жорсткість до 0,6-4,0 мг-екв/л, концентрацію кальцію до 0,37-2,7 мг-екв/л, магнію – 0,22-1,3 мг-екв/л. Тобто така обробка сприяє видаленню солей постійної жорсткості в осад у вигляді малорозчинних CaCO_3 та $\text{Mg}(\text{OH})_2$, при цьому концентрація хлориду натрію залишається незмінною. Це надає можливість використовувати пом'якшену воду повторно для регенерації Na-катіонітових фільтрів.

У табл. 1 наведено результати експериментальних досліджень процесу пом'якшення указаних стічних вод содо-вапняним методом.

Таблиця 1

Результати пом'якшення модельних розчинів, які імітують склад стічних вод від регенерації Na-катіонітових фільтрів 1-ого ступеня, содо-вапняним методом

№ п/п	Хімічний склад модельних розчинів стічних вод		Доза реагентів, г/л		Хімічний склад пом'якшеної води		
	Інгредієнти, од. вимірювання	Концентрація	Вапно	Кальцин. сода	Cl^- , г/л	$\text{Ж}_{\text{заг}}$, мг-екв/л	Ca^{2+} , мг-екв/л
1	Cl^- , г/л	56,0	15,08	44,95	56,0	4,1	2,5
	$\text{Ж}_{\text{заг}}$, мг-екв/л	700,0					
	Ca^{2+} , мг-екв/л	485,0					
	Mg^{2+} , мг-екв/л	215,0					
2	Cl^- , г/л	90,0	17,92	58,84	90,0	4,7	3,1
	$\text{Ж}_{\text{заг}}$, мг-екв/л	900,0					
	Ca^{2+} , мг-екв/л	627,0					
	Mg^{2+} , мг-екв/л	273,0					
3	Cl^- , г/л	180,0	13,53	43,09	180,0	3,9	2,3
	$\text{Ж}_{\text{заг}}$, мг-екв/л	652,0					
	Ca^{2+} , мг-екв/л	458,0					
	Mg^{2+} , мг-екв/л	194,0					
4	Cl^- , г/л	180,0	13,53	43,09	180,0	3,9	2,3
	$\text{Ж}_{\text{заг}}$, мг-екв/л	652,0					
	Ca^{2+} , мг-екв/л	458,0					
	Mg^{2+} , мг-екв/л	194,0					

Значний інтерес представляють також дослідження процесу пом'якшення усе-реднених проб стічних вод за перші 20 хвилин промивки (регенерації) Na-катіонітових фільтрів.

В процесі проведення досліджень пом'якшення стічних вод від регенерації Na-катіонітових фільтрів содо-вапняним методом вивчено процес відстоювання (ущільнення) осаду, який при цьому утворюється, та визначено його фізичні та фізико-хімічні властивості. Динаміку процесу ущільнення осаду досліджували на лабораторній установці, яка складається з набору скляних циліндрів, кожен об'ємом 1000 см³. При цьому визначали швидкість переміщення межі розділу фаз та зміну об'єму (ущільнення) осаду. Кінетику відстоювання вивчали також на модельних розчинах, імітуючи склад стічних вод від регенерації Na-катіонітових фільтрів, при різних концентраціях солей жорсткості. Кінетику процесу відстоювання осаду стічних вод наведено на рис.3.

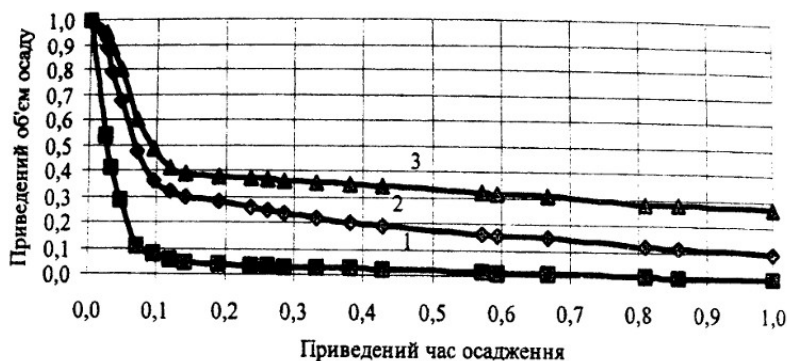


Рис.3. Кінетика процесу відстоювання осаду: 1 - при вихідній Ж=128 мг-екв/л; 2 - при Ж=452 мг-екв/л; 3 - при Ж=950 мг-екв/л

Крім того, проведено дослідження процесу пом'якшення содо-вапняним методом реальних стічних вод, відібраних при регенерації Na-катіонітових фільтрів, які експлуатуються на ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м. Харкова. Кінетику процесу осаджування указаних вод вивчали в усереднених пробах, відібраних за перші 10 хвилин та за перші 20 хвилин відмивки Na-катіонітових фільтрів.

Математична обробка результатів експериментів, проведених у лабораторних умовах за допомогою програми для ПЕОМ методом найменших квадратів, дозволила одержати залежності концентрації іонів кальцію та магнію у пом'якшеній воді від доз реагентів – відповідно соди (D_1) та вапна (D_2), мг-екв/л:

$$Ca_{\text{пом'якш}}^{2+} = A_1 \cdot D_1 + B_1, \quad (1)$$

де A_1 та B_1 – емпіричні коефіцієнти, які залежать від концентрації іонів кальцію у вихідній воді, яку обробляли, і визначаються за такими залежностями:

$$A_1 = 7,55703 - 4,32206 \cdot \lg Ca_{\text{вих}}^{2+}; \quad (2)$$

$$B_1 = 0,08985 \cdot (Ca_{\text{вих}}^{2+})^{1,03779}; \quad (3)$$

$$Mg_{\text{пом'якш}}^{2+} = B_2 + A_2 \cdot D_2^2, \quad (4)$$

де A_2 та B_2 – емпіричні коефіцієнти, які залежать від концентрації іонів магнію у вихідній воді, яку обробляли, і визначаються за такими залежностями:

$$A_2 = -0,38337 - 0,00001 \cdot (\text{Mg}_{\text{вих}}^{2+})^2; \quad (5)$$

$$B_2 = 0,07815 \cdot \text{Mg}_{\text{вих}}^{2+} + 0,05964. \quad (6)$$

За результатами експериментів встановлено, що величина концентрації іонів кальцію у пом'якшеній воді знаходиться у межах 1,1-3,2 мг-екв/л, концентрація іонів магнію коливається від 0,7 до 1,6 мг-екв/л. Такої глибини пом'якшення (обробки) содо-вапняним методом достатньо, тобто вона задовольняє вимогам, які пред'являють до регенераційних розчинів. Це дає можливість використовувати стічні води від регенерації Na-катіонітових фільтрів у замкнутому циклі регенерації.

Четвертий розділ присвячено розробці методів очистки стічних вод від основних технологічних процесів хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики. Дослідження виконано на реальних стічних водах, які відбирали у процесі хімічної підготовки води на її окремих стадіях на ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м. Харкова.

Наведено результати досліджень процесу пом'якшення стічних вод від промивки (регенерації) Na-катіонітових фільтрів першого та другого ступенів содо-вапняним методом з метою визначення можливості їх повторного використання у замкнутому циклі. Оскільки найбільш концентрована частина солей вимивається за перші 20 хвилин (загальна тривалість промивки Na-катіонітових фільтрів складає, як правило, 40-50 хвилин), пом'якшення стічних вод здійснювали на усереднених пробах, відібраних за перші 10 та 20 хвилин. Дані, отримані при обробці води, яку відбирали безпосередньо у процесі промивки фільтрів, добре узгоджуються з дослідженнями, проведеними на модельних розчинах (імітатах стічних вод). В процесі проведення досліджень встановлено, що величина жорсткості пом'якшеної води в усереднених пробах за 20 хвилин промивки Na-катіонітових фільтрів коливається від 2,5 до 3,5 мг-екв/л.

У розділі містяться результати досліджень впливу перемішування на інтенсифікацію процесу пом'якшення води, кристалізацію карбонату кальцію та флокуляцію завислих речовин. На прикладі стічних вод від спущування завантаження Na-катіонітових фільтрів першого та другого ступенів і промивних вод механічних фільтрів цеха хімоводоочистки ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" проведено дослідження флокуляційного перемішування, як засобу для інтенсифікації їх очистки. В процесі проведення досліджень визначено гідромеханічні параметри завислих речовин, що містяться у цих стічних водах (гідравлічна крупність, гранулометричний склад та інші), які залежать в основному від параметрів флокуляційного перемішування (його тривалості та величини градієнту швидкості). Результати проведених досліджень свідчать про достатньо високий ступінь укрупнення завислих речовин у процесі відстоювання в результаті градієнтної і гравітаційної флокуляції. Тому було досліджено процес флокуляції завислих речовин у воді, що повільно перемішується.

Вивчення флокуляції завислих речовин здійснювали у циліндрах діаметром 60 мм та робочим об'ємом води 1000 см³. Проведені експерименти показали можливість прискорення процесу укрупнення завислих речовин і збільшення швидкості осідання флокул, що утворилися, у порівнянні з вихідною водою при флокуляційному перемішуванні. Об'єднання часток завислих речовин указаних стічних вод

відбувається під дією перемішування навіть без застосування реагентів. Тобто завислими речовинами, які досліджуються, притаманні природні флокуляційні властивості. На рис. 4 наведено криві кінетики відстоювання завислих речовин стічних вод в залежності від тривалості змішування при різних концентраціях твердого.

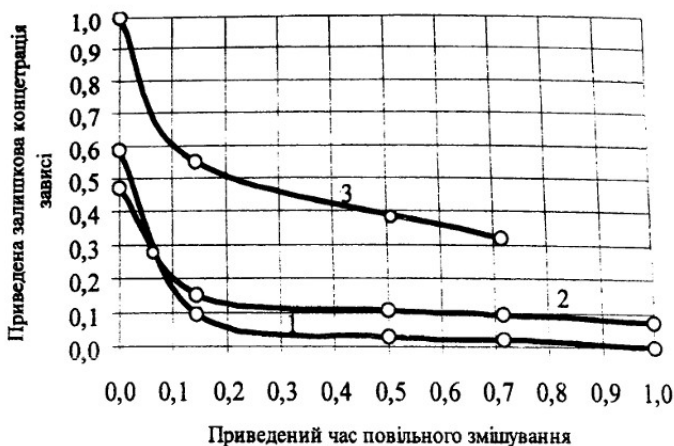


Рис. 4. Залежність ефективності освітлення від тривалості змішування:

- 1—початкова концентрація зависі—4,25 г/л; 2— початкова концентрація зависі—2,0 г/л;
3—початкова концентрація зависі—1,0 г/л

Враховуючи дані проведених досліджень щодо визначення гідромеханічних параметрів завислих речовин, запропоновано для сумісної очистки стічних вод від промивки механічних фільтрів та стічних вод від спущування загрузки Накатіонітових фільтрів з метою їх повторного використання застосувати удосконалену конструкцію відкритого гідроциклону (рис. 5), відмінними особливостями якого є:

- забезпечення механічного видалення осаду за допомогою скребкової ферми, якій надається рух електричним приводом. Це дозволить виключати засмічення (забивання) шламових отворів, що значно спрощує експлуатацію.
- наявність пристрою для переміщення осаду виключає його ущільнення та цементацію за рахунок утворення малорозчинного карбонату кальцію.
- підвищується надійність експлуатації відкритого гідроциклону.

У п'ятому розділі містяться розроблені на підставі проведених досліджень технічні рішення, що забезпечують роботу установок хімічної підготовки води у замкненому режимі, який виключає скид стічних вод у міську каналізаційну мережу та водні об'єкти.

За результатами детального вивчення існуючої схеми роботи установок хімічної підготовки води для живлення парових котлів на ЗАТ "Теплоэлектроцентрально-3" м. Харкова та складу стічних вод, що при цьому утворюються, розроблено нову технологічну схему водопостачання та водовідведення (рис. 6). На відміну від існуючої

схеми, де стічні води, що утворюються від основних технологічних операцій, складають у каналізаційну мережу, запропоновано їх очищати та пом'якшувати з послідовним використанням на потреби хімічної підготовки води. При цьому виключається скид стічних вод у каналізаційну мережу та водні об'єкти, а кількість свіжої води, яка подається на хімоводоочистку, зменшується на $19,03 \text{ м}^3/\text{год}$.

У розділі наведено водний та сольовий баланси існуючої та рекомендуємої схеми хімоводоочистки в цілому та її окремих циклів (системи регенерації Натрієвих фільтрів першого та другого ступенів).

Виконано техніко-економічну оцінку розроблених технічних рішень. Реалізація запропонованої схеми дозволяє тільки за рахунок економії свіжої води та скорочення скиду стічних вод у каналізацію одержати економічний ефект 168,27 тис. грн/рік.

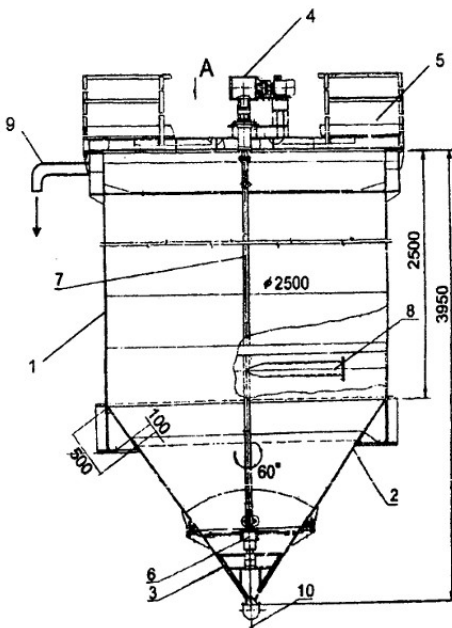


Рис. 5. Відкритий гідроциклон з механічним видаленням осаду:

1 – корпус гідроциклона; 2 – конічна частина гідроциклона; 3 – ферма для видалення осаду; 4 – механізм для обертання вала; 5 – міст обслуговування; 6 – пристрій для кріплення ферми; 7 – вал; 8 – трубопровід для подачі стічної води (шламової пульпи); 9 – відвід освітленої води; 10 – відвід осаду

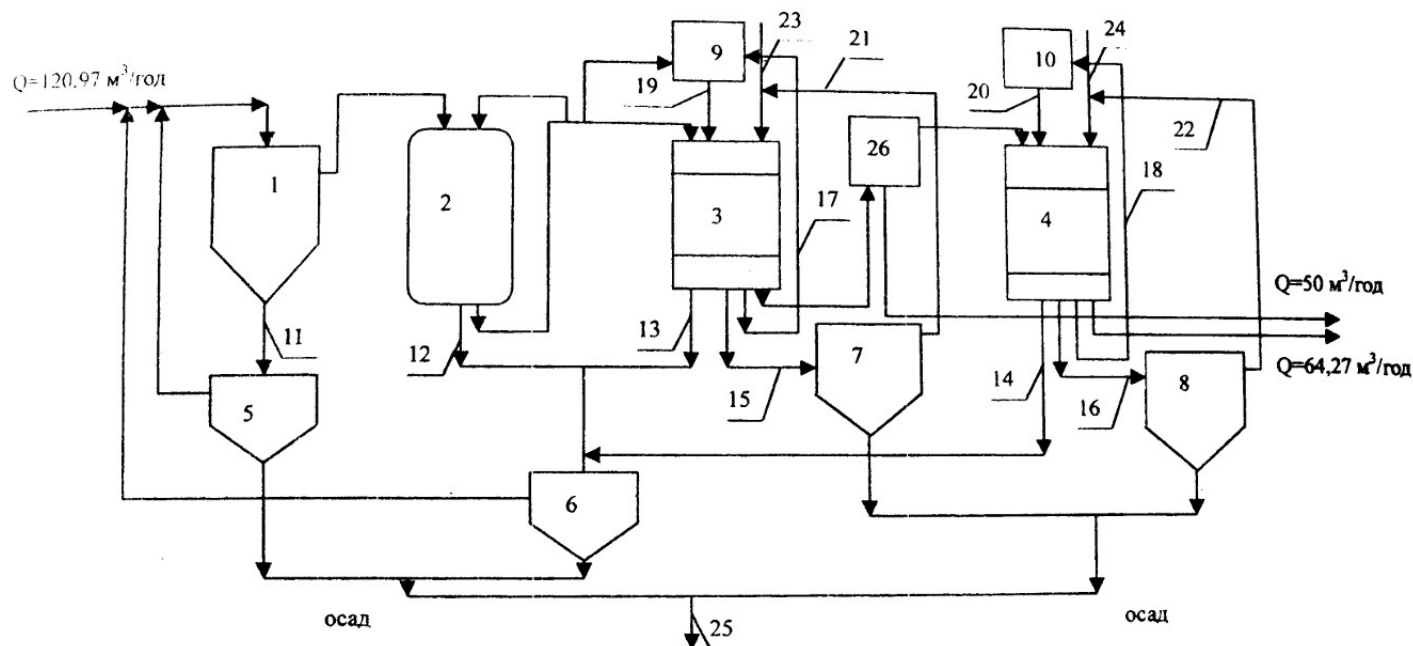


Рис.6. Схема водопостачання та водовідведення, яка рекомендується:

1, 7, 8—вертикальний відстійник; 2—механічний фільтр; 3,4—Na-катіонітові фільтри 1-го та 2-го ступенів; 5,6—відкритий гідроциклон з механічним видаленням осаду; 9,10—промивочні баки; 11—видалення осаду з вертикальних відстійників; 12—відвід промивної води від механічних фільтрів; 13,14—відвід стічних вод від спускування Na-катіонітових фільтрів 1-го та 2-го ступенів; 15,16—вода від відмивки (регенерації) Na-катіонітових фільтрів 1-го та 2-го ступенів (за перші 20 хв. - «солі горечі»); 17,18— відвід 2-ї порції від відмивки (регенерації) Na-катіонітових фільтрів; 19,20—подача води на спускування Na-катіонітових фільтрів; 21,22—подача циркуляційного соляного розчину (після пом'якшення) на регенерацію Na-катіонітових фільтрів; 23, 24—подача свіжого розчину NaCl; 25—відвід осаду на утилізацію у виробництво будівельних матеріалів; 26—бак пом'якшеної води

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз літературних та патентних матеріалів, а також досвід експлуатації установок хімічної підготовки води для живлення парових котлів показав, що на цих установках утворюються дві основні групи стічних вод: перша – від промивки механічних фільтрів і від спущування завантаження натрій-катионітових фільтрів та інших процесів, яка забруднена дрібнодисперсними завислими речовинами; друга – від регенерації натрій-катионітових фільтрів, яка забруднена солями жорсткості та хлоридами.
2. У результаті детального вивчення роботи установок хімічної підготовки води та дослідження хімічного складу і фізико-хімічних властивостей стічних вод, що утворюються від основних технологічних процесів хімічної підготовки води на ТЕС і ТЕЦ, розроблена технологія їх очистки та повторного використання з метою запобігання скиду забруднених стічних вод у водні об'єкти.
3. Визначено хімічний склад стічних вод, які утворюються на усіх стадіях підготовки підживлюючої води для парових котлів, що дозволило намітити напрям створення замкненого циклу хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики (наприклад, на ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м. Харкова).
4. У результаті дослідження хімічного складу стічних вод від основних процесів хімічної підготовки води на ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м. Харкова розроблені методи їх очистки (обробки) з метою повторного використання. Запропоновано удосконалити конструкцію відкритого гідроциклону з механічним видаленням осаду.
5. Встановлено, що флокуляційне перемішування інтенсифікує процес пом'якшення води та випадіння солей жорсткості в осад, підвищує ефективність очистки, прискорює процес укрупнення завислих речовин.
6. Визначено гідромеханічні параметри завислих речовин (гідравлічна крупність, гранулометричний склад завислих речовин), що містяться у суміші стічних вод від спущування завантаження Na-катионітових фільтрів та промивних вод механічних фільтрів.
7. Запропоновано математичну модель розрахунку величини градієнту швидкості руху води та гідравлічної крупності флокул, що утворюються при очистці стічних вод установок хімічної підготовки води від завислих речовин.
8. На підставі проведених досліджень щодо визначення гідромеханічних параметрів завислих речовин пропонується для спільної очистки стічних вод від промивки механічних фільтрів та стічних вод від спущування завантаження Na-катионітових фільтрів застосувати удосконалити конструкцію відкритого гідроциклону.
9. Запропоновано технологію обробки стічних вод від промивки (регенерації) Na-катионітових фільтрів, яка полягає у їх обробці содо-вапняним методом з послідовним поверненням на регенерацію. Це дозволяє створити замкнений оборотний цикл промивної води Na-катионітових фільтрів з економією повареної солі та значно скоротити кількість регенераційних стічних вод.

10. Вивчено ефективність пом'якшення стічних вод від регенерації Na-катіонітових фільтрів содо-вапняним методом. Встановлено необхідні для ефективного пом'якшення дози реагентів. Показано, що така обробка дозволяє знизити загальну жорсткість стічних вод до 0,6-4,0 мг-екв/л, тобто кінцева жорсткість не перевищує 5 мг-екв/л, що надає можливість використовувати очищеного (пом'якшеного) регенерату для регенерації Na-катіонітових фільтрів.
11. Вивчена динаміка процесу відстоювання (ущільнення) осаду, що утворюється при пом'якшенні стічних вод. Виконано дослідження структури та фізико-хімічних властивостей осадів, які утворюються. Вивчено дисперсний склад та мікроструктуру твердої фази осаду, досліджено процес відстоювання (седиментації) часток осаду. Це дозволяє повторно використовувати розчин повареної солі на регенерацію Na-катіонітових фільтрів, а малорозчинні карбонати кальцію та магнію можуть знайти застосування у виготовленні будівельних матеріалів.
12. У результаті математичної обробки експериментальних даних отримано емпіричні залежності ефективності обробки (глибини пом'якшення) стічних вод в залежності від вихідного вмісту солей жорсткості у воді, що належить до обробки при різних дозах реагентів. При збільшенні дози реагентів величина загальної жорсткості у пом'якшеній воді зростає з ростом жорсткості вихідної води, при цьому знаходячись у необхідних межах до 5 мг-екв/л. Це дає можливість використовувати стічні води від регенерації Na-катіонітових фільтрів у замкнутому циклі регенерації.
13. Виконано розрахунки водного і сольового (матеріального) балансів для існуючої схеми та схеми, що рекомендується для водопостачання і водовідведення установок хімічної підготовки води.
14. Наведено техніко-економічну оцінку застосування рекомендуємої схеми водопостачання і водовідведення установок хімічної підготовки води на підприємствах теплоенергетики. Економічний ефект від застосування розробленої схеми для ЗАТ "Теплоэлектроцентральный-3" м. Харкова складе 168,273 тис. грн/рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Замкнутый цикл регенерации натрий-катионитовых фильтров предприятий теплоэнергетики // Коммунальное хозяйство городов. Науч. техн. сб. ХГАГХ – К.: Техніка, 2001. – Вып. 36. – С.294-297.
2. Пантелят Г.С., Сыроватский А.А., Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Основные положения создания замкнутых систем водоснабжения предприятий теплоэнергетики // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – Зб.наук.праць – Макіївка: Вид. ДДАБА. – 2001. - Вип. 2(27). – С.11-12.
3. Пантелят Г.С., Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Методы стабилизационной обработки воды в системе охлаждения конденсаторов паровых турбин тепловых электрических станций // Коммунальное хозяйство городов. Науч. техн. сб. – ХГАГХ. – К.: Техніка, 2001. – Вып.33. – С.138-142.

4. Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Метод обработки и использования промывных вод от регенерации натрий-катионитовых фильтров химводоочисток ТЭЦ // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 36. наук. праць. – Макіївка: Вид. ДДАБА. – 2002. – Вип. 3(34). – С. 50.
5. Пантелят Г.С., Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Технология обработки сточных вод от регенерации натрий-катионитовых фильтров // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2002. – Вип. 19. – С. 96-99.
6. Айрапетян Т.С. Исследование физических и физико-химических свойств осадков, образующихся при умягчении сточных вод от регенерации натрий-катионитовых фильтров // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2003. – Вип. 22. – С. 124-127.
7. Пантелят Г.С., Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Замкнутые системы оборотного водоснабжения тепловых и электрических станций // Тр. науч. техн. конф. "Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов." Т.3. – УГНИИ "УкрВОДГЕО." – 2001. – С. 681-683.
8. Пантелят Г.С., Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Использование сточных вод от регенерации натрий-катионитовых фильтров предприятий теплоэнергетики // Сб. матер. Пятого междунар. конгр. "Вода: экология и технология" (ЭКВАТЭК-2002). – М., 2002. – С. 409-410.
9. Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Особенности эксплуатации системы регенерации натрий-катионитовых фильтров // Программа и тез. докл. XXXI науч. техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ. Ч.1. Строительство, архитектура и экология. – Харьков: ХГАГХ, 2002. – С. 29 - 30.
10. Пантелят Г.С., Эпоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) Предотвращение сброса в водные объекты сточных вод предприятий теплоэнергетики // 36. допов. Між нар. конгр. "Екологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація" (ЕТЕВК-2003). – Крим, м. Ялта. - 2003. – С. 413-415.
11. Айрапетян Т.С., Пантелят Г.С. Создание замкнутой системы оборотного водоснабжения установок химической подготовки воды предприятий теплоэнергетики // Сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Крым, г. Щелкино. - 2003. – С. 63-64.
12. Пат. України № 52245А МКІ С02F9/00. Спосіб очищення нейтралізованих вапном промивних вод сучасно кислотних відділень від сульфату кальцію / Пантелят Г.С., Сироватський О.А., Епоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) (Україна). – 2002032371; Заявл. 18.04.2002; Опубл. 15.01.2003, Бюл. №1. - 3 с.
13. Пат. України №64055А МКІ С02F1/42. Спосіб регенерації катіонітових фільтрів з подальшою обробкою регенерату / Пантелят Г.С., Сироватський О.А., Епоян Т.С. (Айрапетян Т.С.) (Україна). – 2002032370; Заявл. 26.03.2002; Опубл. 16.02.2004, Бюл. №2. – 2с.

АНОТАЦІЯ

Айрапетян Т.С. Замкнений цикл водопостачання установок хімічної підготовки води підприємств теплоенергетики. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.04 - водопостачання, каналізація. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2004.

Дисертацію присвячено актуальній проблемі захисту водних об'єктів від забруднення стічними водами підприємств теплоенергетики шляхом розробки методів та засобів використання вказаних стічних вод у замкненому оборотному циклі. На підставі детального дослідження хімічного складу і фізико-хімічних властивостей стічних вод, що утворюються від основних технологічних процесів хімічної підготовки води на ТЕС і ТЕЦ, розроблена технологія їх очистки та використання з метою запобігання скиду забруднених стічних вод у водні об'єкти. Запропоновано технологію обробки стічних вод від промивки (регенерації) натрій-катіонітових фільтрів, яка полягає у їх обробці содо-вапняним методом з послідовним поверненням на регенерацію, що дозволяє створити замкнений оборотний цикл промивної води натрій-катіонітових фільтрів з економією повареної солі та значно скоротити кількість регенераційних стічних вод.

Запропоновано удосконалену конструкцію відкритого гідроциклону для спільної очистки стічних вод від промивки механічних фільтрів та стічних вод від спливання завантаження натрій-катіонітових фільтрів. Визначено гідромеханічні параметри завислих речовин, що містяться у суміші вказаних стічних вод. Запропоновано математичну модель розрахунку величини градієнту швидкості руху води та гідрравлічної крупності флокул, що утворюються при очистці стічних вод.

Визначено водний і сольовий (матеріальний) баланси існуючої та розробленої схеми водопостачання і водовідведення установок хімічної підготовки води на ТЕС і ТЕЦ.

Основні результати роботи і технологічні рішення впроваджені на ЗАТ "Теплоелектроцентрально-3" м. Харкова.

Ключові слова: установки хімічної підготовки води, стічні води, натрій-катіонітові фільтри, пом'якшення, замкнений оборотний цикл, водний і сольовий баланси.

АННОТАЦИЯ

Айрапетян Т.С. Замкнутый цикл водоснабжения установок химической подготовки воды предприятий теплоэнергетики. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04 – водоснабжение, канализация. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, 2004.

Диссертация посвящена актуальной проблеме защиты водных объектов от загрязнения сточными водами предприятий теплоэнергетики путем разработки методов и средств очистки вод в замкнутом оборотном цикле. Приведен анализ состоя-

ния вопроса очистки, обработки и использования в системах оборотного водоснабжения сточных вод промышленных предприятий, в частности, установок химической подготовки воды, которые сбрасывают в канализацию и водные объекты значительное количество сточных вод и солей, нанося им существенный экологический ущерб. Показано, что наиболее перспективным направлением в вопросе предотвращения загрязнения водных объектов сточными водами химводоочистки является разработка методов их очистки с целью использования в цикле химической подготовки воды. Детально изучена работа установок химической подготовки воды, исследован химический состав и физико-химические свойства сточных вод, образующихся от основных технологических процессов химической подготовки воды на ТЭС и ТЭЦ. Изучена задача обработки и использования промывных вод от регенерации натрий-катионитовых фильтров. Предложена технология, которая состоит в обработке указанных сточных вод содо-известковым методом с последующим возвратом на регенерацию. Это позволяет создать замкнутый оборотный цикл промывной воды натрий-катионитовых фильтров. При этом значительно сокращается количество регенерационных сточных вод и достигается экономия поваренной соли.

На основании данных проведенных исследований в области определения гидромеханических параметров взвешенных веществ (гидравлическая крупность, гранулометрический состав и др.), содержащихся в смеси сточных вод от взрыхления загрузки натрий-катионитовых фильтров и промывных вод механических фильтров, предложено применить для совместной очистки указанных вод усовершенствованную конструкцию открытого гидроциклона. Предложена математическая модель расчета величины градиента скорости движения воды и гидравлической крупности флоккул, образующихся при очистке сточных вод установок химической подготовки воды от взвешенных веществ.

Разработана технологическая схема водоснабжения и водоотведения ТЭЦ, согласно которой сточные воды, образующиеся от основных технологических операций, предложено очищать от взвешенных веществ и умягчать с последующим использованием на нужды химической подготовки воды. Выполнены расчеты водного и солевого (материального) балансов существующей и рекомендуемой схемы химводоочистки в целом и ее отдельных циклов (системы регенерации натрий-катионитовых фильтров 1-ой и 2-ой ступени). Выполнена технико-экономическая оценка разработанных технических решений. Рассчитана экономическая эффективность перевода цеха химводоочистки на замкнутый режим работы. Реализация предлагаемых решений позволит только за счет экономии свежей воды и сокращения сброса сточных вод в канализацию получить для ЗАО "Теплоэлектроцентральный" г. Харькова экономический эффект 168,273 тыс. грн. в год.

Ключевые слова: установки химической подготовки воды, сточные воды, натрий-катионитовые фильтры, умягчение, замкнутый оборотный цикл, водный и солевой балансы.

RESUME

Irapetian T.S. The closed cycle of water supply of plants of chemical treatment of water of the enterprises of heat-and-power engineering. - Manuscript.

The thesis is submitted to obtain the Candidate of science degree technical (Ph.D), on speciality 05.23.04 - water supply, sewerage. - Kiev national university of construction and architecture, Kiev, 2004.

The thesis is devoted to a urgent problem of protection of water objects from pollution by waste water of the enterprises of heat-and-power engineering by development of methods and means of water treatment in the closed circulating cycle. On the basis of detailed research of chemical structure and physicochemical properties of waste water resulting from the basic technological processes of chemical treatment of water at TPS and HPP, the technology of their treatment and use is developed with the purpose of exception of dump of waste water into water objects. The technology of treatment of waste water from natrium-cation exchanger unloading (regeneration) is offered which consists in the specified waste water treatment by soda-lime method with the subsequent return on regeneration. It allows to create a closed circulating cycle of rinsing water of natrium-cation exchangers. In addition the quantity of regeneration waste water is considerably reduced and the economy of the table salt is achieved.

The advanced design of an open hydrocyclone for joint waste water treatment from loosening of natrium-cation exchangers media and rinsing of waters of mechanical filters is offered. The hydromechanical parameters of the suspended substances contained in a mix of the specified waste waters are determined. The mathematical model for definition of sizes of a gradient of speed of water flow and hydraulic fineness of floccula formed at waste water treatment are offered.

Water and salt (material) balances of the existing and recommended water supply and sewerage systems of plants of chemical treatment of water at TPS and HPP are estimated.

The basic results of work and technical decisions are incalculated at „Heat and power plant-3”, Kharkov.

Key words: plant of chemical treatment of water, waste waters, natrium-cation exchangers, softening, closed circulating cycle, water and salt balances.