

УДК 628.16.06

**М. В. БЕРНАЦЬКИЙ****МАГНІТНО - РЕАГЕНТНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ТА УСТАНОВКА ДЛЯ ЇЇ РЕКАЛІЗАЦІЇ**

Наведено відомості і експериментальні дані про розробку технології магнітно-реагентного очищення води та результати експериментальних досліджень очищення води в магнітному полі від феро-, діа- і парамагнітних домішок. Встановлено залежність для визначення ефективності очищення води, яка враховує конструктивні та технологічні параметри водоочисної установки і характеристики забрудненої води. Наведено конструкцію установки для рекалізації технології магнітно-реагентного очищення води. Результати досліджень можуть бути використані для раціональної організації водно-хімічного режиму теплових мереж і водопідготовки.

**Ключові слова:** магнітний відстійник, магнітно-реагентна технологія очистки води, магнітний силовий фактор, магнетит, ефективність очищення.

Приведены сведения и экспериментальные данные о разработке технологии магнитно-реагентной очистки воды и результаты экспериментальных исследований очистки воды в магнитном поле от ферро-, диа- и парамагнитных примесей. Установлена зависимость для определения эффективности очистки воды, которая учитывает конструктивные и технологические параметры водоочистной установки и характеристики загрязненной воды. Приведена конструкция установки для рекализации технологии магнитно-реагентной очистки воды. Результаты исследований могут быть использованы для рациональной организации водно-химического режима тепловых сетей и водоподготовки.

**Ключевые слова:** магнитный отстойник, магнитно-реагентная технология очистки воды, магнитный силовой фактор, магнетит, эффективность очистки.

In a paper usage of the compact installations with magnetic sumps of cellular frame for implementation is scientifically substantiated magnetic - reaction technologies of clearing of waters permitting to reduce the area and volume of refining facilities at maintenance of high performance of their activity.

Is designed and is investigated (studied) a new design of a magnetic sump of cellular frame intended for clearing of polluted waters from ferro-, dea- i of paramagnetic impurity (additives); is designed a technique of definition of efficiency of clearing of water, which one allows for design and technological parameters of a sump, and also parameters of an incoming water; the trial-and-error constants of relations describing a purification process of water in a magnetic sump are determined; the process of mechanical neogenesis ferromagnetic of a reactant - magnetite is investigated(studied); the designs and guidelines tangent calculation of magnetic sumps as independent facilities and in combination to filters FSL are designed.

The outcomes of a paper utilised at mining «of the Guidelines on designing, the manufacturing i exploitation of the trial type magnetic - reaction of clearing of water », approved State dwelling communal manage of Ukraine.

**Keywords:** the magnetic sump, magnetic - reaction technology of clearing of water, magnetic power factor, magnetite, efficiency of clearing.

**Вступ.** Системи комунально-побутового водяного опалення, в яких основним теплоносієм традиційно є вода, являються крупними споживачами паливно-енергетичних ресурсів і підвищення ефективності їх роботи може забезпечити значну економію дорогого дефіцитного палива [1, 2]. Вимоги щодо підготовки води, які пред'являють до комплексу заходів, що проводяться при роботі котлів і теплових мереж в основному можна сформулювати так: водопідготовка для теплових мереж і водно-хімічний режим в них повинні запобігти утворенню всіх видів забруднень та корозійних пошкоджень, а також їх відкладень на внутрішніх поверхнях водогрійного обладнання, елементах траси і мережі із врахуванням вимог надійності і економічності.

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Для тепло і гарячого водопостачання населення та промислових об'єктів в основному використовується вода господарсько-питного призначення відповідно санітарних вимог ГОСТ 2874-82 „Вода питьевая” і СанПіН 2.11.4.559-96. Перед подачею такої води в мережу опалення проводять комплекс заходів по поліпшенню її якості відповідно СНіП 2.04.07-85 „Тепловые сети”. Останнім часом на існуючих і нових теплових мережах все ширше впроваджуються сучасні вітчизняні і імпорتنі котли, обладнання яких потребують біль жорстких вимог до якості як підживлюючої, так і мережевої води, які регламентуються інструкціями по експлуатації цих установок.

Особливістю закритих опалювальних мереж є те, що в них на протязі опалювального сезону циркулює практично одна і та ж вода, оскільки, як встановлено практикою експлуатації, добавка води на поповнення її втрат не перевищує 1,5 – 2 % від загальної кількості. Це означає, що вилучення продуктів корозії, накипу-утворення, механічних та інших домішок, які попали в циркуляційний контур або утворилися в ньому в процесі нагрівання води, є досить важливою задачею внаслідок незначної продувки системи. Проте, незважаючи на ці вимоги, в практиці експлуатації досить частими є випадки порушення цих норм пов'язаних з неповною деаерацією води, або попаданням до неї повітря в баках – акумуляторах при невільно організованому підводі до них деаерованої води, а також при виконанні ремонтних робіт внаслідок аварій.

Відкладення, що утворюються на поверхні нагрівання і в теплообмінниках є досить різноманітними за своїм хімічним складом, структурою, густиною і теплопровідністю [3–5]. Зустрічаються рихлі, пористі відкладення, які схожі на туф або пемзу.

В переважній більшості попередня обробка води для теплових мереж полягає в її пом'якшенні, для чого використовують різні методи (реагентні, фільтрування через спеціальні сорбенти, іонного обміну), серед яких, починаючи із середини 30-х років найбільше розповсюдження отримав метод іонного обміну, який базується на здатності деяких, практично нерозчинних у воді матеріалів (іонітів), змінювати в бажаному напрямку іонний склад води, і дозволяє

© М. В. Бернацький. 2016

досягнути найбільш глибокого ефекту пом'якшення (до 0,01...0,02 мг-екв./дм<sup>3</sup>), що не можна забезпечити іншими методами. [6, 7]. Проте, ці методи пом'якшення мають ряд недоліків, основними із яких є: висока вартість і трудомісткість монтажу та налагодки обладнання, значні експлуатаційні енерговитрати та на заміну і добавку іонообмінних матеріалів, значні об'єми каналізаційних стоків, нестабільність в роботі. Тому, особливо це стосується невеликих локальних мереж, вода в багатьох випадках взагалі не проходить ніякої підготовки, що нерідко приводить до аварій обладнання.

Останнім часом досить популярною технологією є використання інгібіторів (комплексонів) по недопущенню корозійних відкладень в системах тепловодопостачання, при якій використовуються реактиви на основі фосфонатів і полікарбоксилатів – стабілізаційна обробка води [8]. Необхідно відмітити, що комплекси не вилучають із води накипоутворюючі елементи, а мають здатність руйнувати дуже міцні сполуки солей за рахунок взаємодії з іонами, „виринаючи” їх із кристалів, а також руйнувати раніше утворені шламкові відкладення, роблячи їх рихлими за структурою. Напівзруйновані залишки накипу і шламу осідають в застійних зонах – колекторах котлів, фільтрах-відстійниках, а тому необхідно ретельно дотримуватись окремого для кожного котла графіка проведення продувки і своєчасного очищення фільтрів-відстійників. Крім цього, впровадження такої технології потребує додаткового монтажу теплообмінного обладнання і хімічних блоків.

Одним із варіантів вирішення цієї проблеми може бути використання магнітних очисних пристроїв, великою перевагою яких у порівнянні з іншими апаратами, є те, що вони здатні пропускати через себе великі об'єми води при власних малих габаритах з високою ефективністю процесу водоочистки і відносно невеликими експлуатаційними витратами, а концентрація домішок в неочищеній воді може коливатись в широких межах (від долей мг/дм<sup>3</sup> до г/дм<sup>3</sup>) і самі домішки можуть мати найрізноманітніші фізико-хімічні властивості. Промислове використання таких установок для тонкої очистки рідин було розпочате в кінці 60-х - на початку 70-х років після створення фірмою "Крафтверк Уніон" (ФРН) промислових конструкцій електромагнітних фільтрів. В подальшому даний метод впроваджується в США, Японії, Швеції, Австралії, СРСР, Україні та ін.

**Ціль та задачі дослідження.** Метою досліджень є забезпечення очищення циркуляційної води систем опалення від феро- і парамагнітних домішок з використанням реагентів і магнітного поля. Відповідно до вказаної мети були визначені такі задачі досліджень:

1. Розробити експериментальні установки для дослідження магнітно-реагентного очищення води від пара- та феромагнітних домішок.
2. Дослідити вплив доз реагентів, силових характеристик магнітного поля, температури води, водневого показника рН та ін. на процес магнітно-реагентного очищення води.
3. Розробити конструктивні рішення установок для реалізації очищення води магнітно-реагентним способом.

При проведенні експериментів використовували сучасні методи досліджень та обладнання: оптична система контролю прозорості води, яка складалась із гелій-неонового лазера і фотодіода, фотоколориметр ЛМФ-72, генератор магнітного дисперсного матеріалу „Елемаг”. Дослідні дані обробляли за допомогою ПЕОМ, результати експериментів – відповідно до рекомендацій Міжнародного союзу чистої і прикладної хімії за методами визначення і формою позначення помилок, відхилень, одержуваних при масових аналітичних дослідженнях.

Об'єкт досліджень – магнітні установки очистки води систем водяного опалення та води із значним вмістом пара і діамагнітних домішок.

Предмет досліджень – процес очищення води в магнітних відстійниках сотової структури.

Магнітно-реагентну очистку води використовують у разі необхідності вилучати парамагнітні і діамагнітні домішки. Введення в очищувачу воду феромагнітного реагенту (магнетиту) і коагулянту або лугу дозволяє отримати агрегати, до складу яких входять феромагнітні частинки магнетиту і продукти коагуляції, що здатні реагувати на дію магнітного поля. Якщо помістити очищувачу воду з утвореними в ній феромагнітними агрегатами в магнітне поле, то їх гідравлічна крупність значно збільшується, причому швидкість направленої руху зростає по мірі наближення до поверхні магніту, тобто зростає з ростом магнітного силового фактора. Як приклад багатфакторного впливу на феромагнітну частинку магнітного поля розглянемо вплив ряду факторів на частку, вміщену в рідину.

На одиночну частку масою  $m_c = \omega_c \times \rho_c$  діє виштовхувальна сила  $A = \omega_c \times \rho_g$  і маса самої частки. При  $\rho_c > \rho_g$  співвідношення між діючими на частку силами має вигляд  $m_c > A$ . У цих умовах напрямок руху частинки зорієнтоване зверху вниз. Під час такого руху формується зустрічний рух рідини зі швидкістю  $w_1$ , перешкоджаючи низхідному руху. В результаті впливу на частку всіх згаданих сил вона буде осідати зі швидкістю  $V_1$  (рис. 1, а). Діапазон зростання можливої швидкості осідання обмежений вірогідною різницею питомої маси частинок домішок і рідини, в якій частка розташована.

Розглянемо випадок при додаванні в рідину іншої частинки (характеризується магнітними властивостями) з масою  $m_m = \omega_m \times \rho_m$ , з питомою масою  $\rho_m > \rho_c$ , розміром меншим попередньої ( $\omega_c > \omega_m$  або  $1/6 \times \pi d_c^3 > 1/6 \times \pi d_m^3$ , тобто  $d_c > d_m$ ) (рис.1, б). Завдяки можливої різниці потенціалів між поверхнями обох частинок вони утворюють нову більшу частку. Очевидно, маса нової частинки дорівнює масі двох частинок  $m_a = m_c + m_m$ , а загальний їх обсяг відповідає сумі об'ємів кожної з них, тобто  $\omega_a = \omega_c + \omega_m$ . За цих умов співвідношення між масою агрегату і силою його виштовхування відрізняється від такого ж параметра для першого випадку, що розглядається. У цьому співвідношенні значення сили, що визначається масою частки зростає, а, отже, швидкість осадження частинки збільшується ( $V_2 > V_1$ ). Під час такого руху формується зустрічний рух рідини зі швидкістю  $w_2$ , перешкоджаючи низхідному руху. Сила перешко-

ди швидкості випадання в осад частинки пропорційна швидкості її осідання ( $w_2 > w_1$ ).

Шляхом додавання «сорбенту» в рідке середовище з'являється можливість управляти інтенсивністю процесу його прояснення. Однак діапазон такої можливості обмежений вірогідною різницею питомих мас частинок домішок і «сорбентів».

Розглянемо третій випадок (рис. 1, в) – вплив магнітного поля на рідину і агрегат, утворений з першої і другої частки (див. попередній другий випадок). Агрегат, завдяки наявності в його складі феромагнітної частки також володіє магнітними властивостями. Магніт, розташований під нижньою частиною по-

судини з рідиною діє на агреговану частку. Напрямок векторів гравітаційної та магнітної сил, діючих на таку частку збігаються. Сума векторів обох сил обумовлює зростання швидкості руху частинки в напрямку магніту ( $V_3 > V_2$ ). При збільшенні швидкості осідання частинок зростають значення вихрових висхідних потоків ( $w_3 > w_2$ ). Однак швидкість осідання частинки набагато перевершує аналогічний параметр при відсутності впливу магнітного поля. Із збільшенням магнітного силового фактора швидкість руху частинки зростає, і, як наслідок, з'являється можливість управляти процесом прояснення рідини.

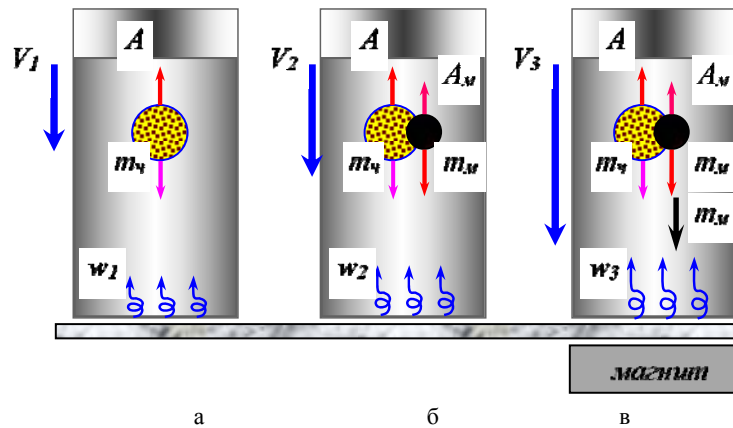


Рис. 1 – Схеми осадження феромагнітних агрегатів: а – частка в гравітаційному полі; б – частка забруднення агрегована з часткою феромагнітного дисперсного матеріалу в гравітаційне поле; в – частка забруднення агрегована з часткою феромагнітного дисперсного матеріалу в гравітаційних і магнітних полях

Перевірка цієї гіпотези здійснювалася в лабораторних умовах. Установка була виконана у вигляді трикутної кювети з прозорого матеріалу. Розміри кювети: ширина 2 см, висота 12 см, кут - 45°. Як джерело світла використовувався лазерний випромінювач (рис. 2).

Промінь лазера орієнтувався перпендикулярно до поверхні кювети в точку  $m$ , розташовану на 2/3 від вершини кута. Промінь лазера, проходячи через кювету, фокусувався на фотоприймачі. За інтенсивністю променя лазера проводився контроль світлопропускання досліджуваного розчину, розташованого в кюветі. Зміна динаміки інтенсивності світлопропускання після перетворювача контролювалась на фіксуючому пристрої. Зміна магнітної характеристики системи досягалася шляхом зміни магнітної напруженості магнітного поля.

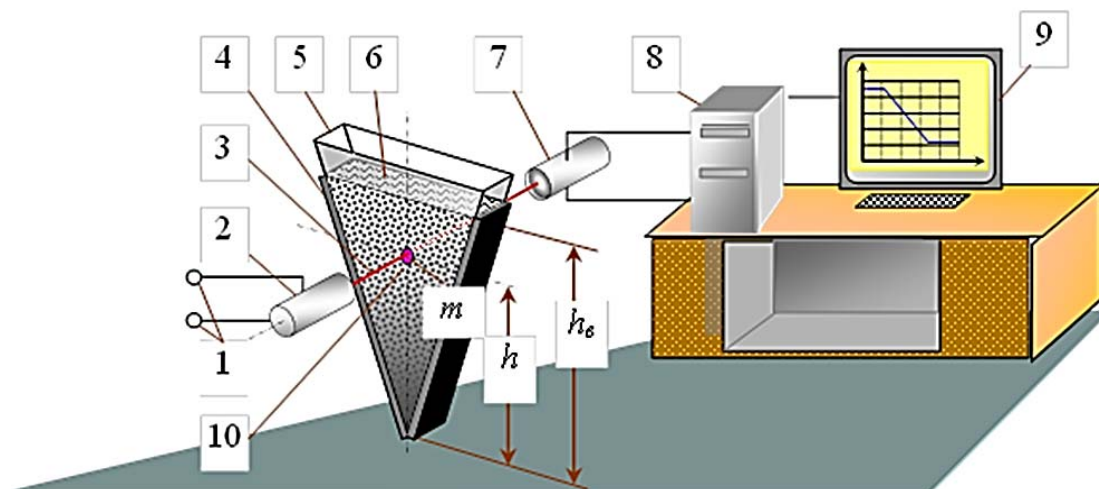


Рис. 2 – Лабораторна установка досліджень процесу очищення води: 1 – джерело живлення; 2 - лазерний випромінювач; 3 – горизонтальна вісь розташування точки « $m$ »; 4 – магнітна система; 5 – кювета з прозорого матеріалу; 6 – досліджувана вода; 7 – фотоприймач і перетворювач світла в електричний сигнал; 8 – перетворювач; 9 – фіксуючий пристрій; 10 – точка « $m$ » на передній стінці кювети, через яку проходить лазерний промінь,  $h$  - висота розташування точки « $m$ »,  $h_0$  - висота шару суспензії в кюветі.

Використання відстійника, що включає систему непаралельних пластин дає можливість створити неоднорідне магнітне поле, силовий фактор  $H \times \text{grad}H$  ( $H$  - напруженість,  $\text{grad}H$  - градієнт напруженості, який характеризує неоднорідність магнітного поля в заданому напрямі), якого зростає вздовж бісектриси кута до його вершині, забезпечуючи рух феромагнітних частинок в цьому ж напрямку. Для забезпечення процесу зміни структури системи (коагуляція, флокуляція, сорбція) до модельного розчину вводили коагулянт, луг ( $\text{CaOH}_2$ ),  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  та ін), а для створення умов взаємодії продуктів коагуляції з магнітним полем – магнітосприйнятливий дисперсний матеріал - магнетит.

Як досліджуваної середовища використовувалися штучні розчини з оксидів заліза, кальцію, магнію, бентонітової глини, стічної води. Як магнітної основи використовувався магнетит, отриманий хімічним або фізичним методами. Обсяг досліджень визначався кількістю основних факторів, що впливають на процес розділення суспензій. Інтенсивність цього процесу, яка характеризується розрахунковим параметром  $k$ , а також залежить від інших факторів. У загальному вигляді згадана залежність має вигляд:

$$k=f(d_m, d_k, t^{\circ}C, H \times \text{grad}H, pH, C_o), \quad (1)$$

де:  $d_m$  – доза магнетиту,  $\text{г/дм}^3$ ;  $d_k$  – доза коагулянту,  $\text{мг/дм}^3$ ;  $t^{\circ}C$  – температура води,  $^{\circ}C$ ;  $H \times \text{grad}H$  – силовий фактор магнітного поля,  $\text{А}^2/\text{м}^3$ ;  $pH$  – водневий показник води;  $C_o$  – початкова концентрація механічних домішок,  $\text{мг/дм}^3$ .

Досліди проведені в статичних умовах. В ході досліджень отримані багато сотень графічних залежностей змін оптичної густини в точці « $m$ » багатофазної системи в часі (рис. 3). Графіки мали нелінійний вигляд.

На першому етапі процесу протягом часу  $\tau$  зміни оптичної густини багатофакторної системи в точці « $m$ » не спостерігалось, лінія графіку у всьому інтервалі  $\tau$  була горизонтальною. Цей час є необхідним для переміщення основного фронту концентрації найбільших фракцій домішок багатофазної системи уздовж інтервалу  $h_e - h$  (зона А рис. 3).

Після закінчення часу  $\tau$  прояснення верхнього шару багатофазної системи тривало, осідали більш дрібні фракції феромагнітних домішок і фракції домішок, володіючих більш слабко вираженими феромагнітними властивостями (зона Б рис. 3). Від геометричних розмірів, маси і феромагнітних властивостей частинок домішок саме цієї частини багатофазної системи залежить тривалість  $t_0 - \tau$  – найбільш інтенсивної зміни її оптичної густини в точці « $m$ ».

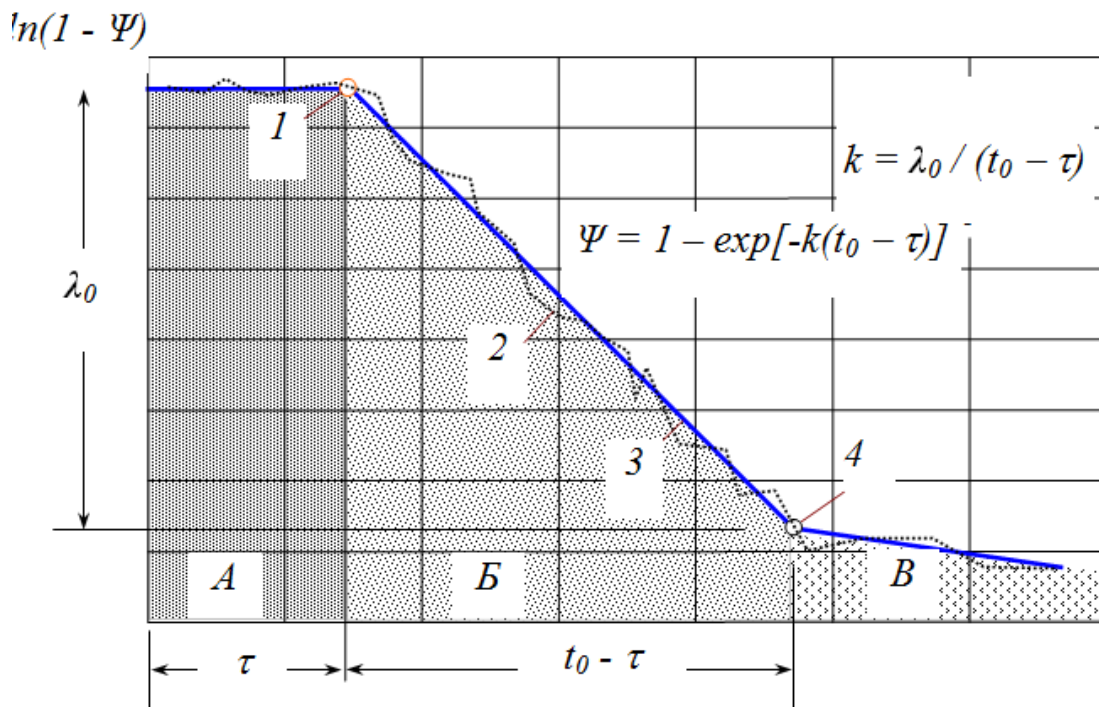


Рис. 3 – Графічна інтерпретація експериментальних досліджень функції  $\Psi = 1 - \exp[-k(t_0 - \tau)]$ : 1 – початок інтенсивної локалізації домішок; 2 – експериментальна крива; 3 – розрахункова лінія; 4 – точка уповільнення інтенсивності локалізації домішок;  $\tau$  – параметр, що характеризує тривалість формування агрегатів і їх переміщення в зону точки « $m$ »;  $t_0$  – параметр, що характеризує тривалість інтенсивної локалізації частинок;  $\lambda_0$  – величина параметра  $\ln(1 - \Psi)$ , яка спостерігається протягом часу  $t_0 - \tau$

Після осідання основної частини домішок багатофазної системи, розташованої над точкою « $m$ » процес зміни оптичної густини помітно знижувався (зона В рис. 3).

В ході обробки експериментальних даних визначались значення розрахункових параметрів  $t_0$ ,  $\tau$ ,  $\lambda_0$ , що характеризують досліджуваний процес.

В результаті досліджень встановлено, що при малих значеннях комплексу  $-k(t_0 - \tau)$  величина парамет-

ра  $\Psi$ , який характеризує ефективність розділення суспензії, має мале значення. Однак зі зростанням комплексу  $-k(t_0-\tau)$  значення параметра  $\Psi$  також зростає і при  $-k(t_0-\tau) \approx 3$  ефективність поділу  $\Psi$  досягає більше 95%. Виявлено взаємозв'язок між розрахунковими параметрами  $k$ ,  $t_0$  і  $\tau$ . Так, взаємозв'язок між  $(t_0-\tau)$  і розрахунковим параметром  $k$  в математичному вигляді має вигляд:

$$t_0 - \tau = 1,56k^{0,5} \quad (2)$$

З урахуванням виявлених взаємозв'язків між розрахунковими параметрами  $t_0$ ,  $\tau$ ,  $k$ , математичний вираз, представлений на рис. 4 набуде вигляду;

$$\Psi = 1 - \exp(-1,56 \times k^{0,5}) \quad (3)$$

Побудований з математичного виразу графік добре узгоджується в усьому діапазоні зміни  $k$  з даними досліджень. Очевидно, таке узгодження свідчить про достовірність виконаних робіт і про існування об'єктивного взаємозв'язку між досліджуваними параметрами.

Слід зазначити, що в дослідах при приготуванні багатозв'язної робочого середовища (суспензії) використовувались домішки різної природи і властивостей, змінювались значення та інших факторів, однак відчутного впливу на взаємозв'язок між  $k$ ,  $t_0$  і  $\tau$ , це не робить. На підставі результатів проведених досліджень була розроблена технологічна схема очищення води в магнітному полі з застосуванням реагентів, що володіють магнітними властивостями (рис. 5) [9, 10, 11].

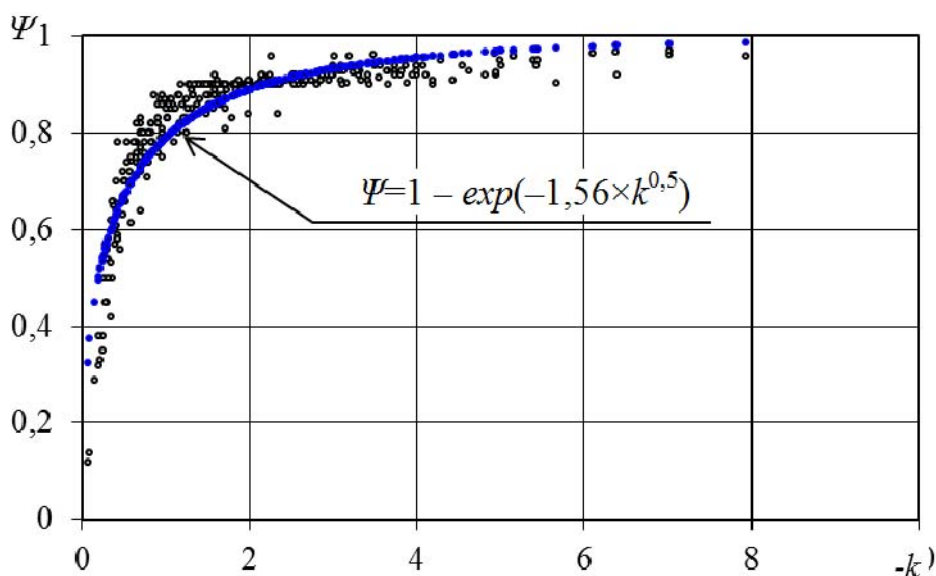


Рис. 4 – Залежність ефективності локалізації домішок  $\Psi$  від параметру

Установка працює наступним чином. Вихідна вода, разом із відстоюною в шламовірнику водою, поступає в змішувач вертикального типу, в який подаються магнітний дисперсний матеріал (магнетит) і реагент (сірчаноокислий алюміній, луг чи інший реагент). Підготовлена таким чином вода поступає в магнітний відстійник де відбувається затримання утворених в зоні відстійника феромагнітних агрегатів. Локалізовані у відстійнику агрегати відводяться у вузол регенерації, де здійснюється відокремлення забруднень від поверхні частинок магнетиту. Регенований магнетит поступає у вузол його приготування, а відокремлені забруднення - в шламовірник. Частково відстоюна на магнітному відстійнику вода поступає на зернистий фільтр для більш глибокого доочищення. Очищена на фільтрі вода відводиться на знезаражування, в акумулюючі ємності чи водоспоживачу, а

її невелика частина (<1 %) поступає у вузол реагентного господарства та вузол приготування магнетиту.

Промивна вода, що періодично утворюється під час промивки зернистого фільтра, відводиться в шламовірник. Частково відстоюна в шламовірнику вода поступає в змішувач установки її очистки. Осад з шламовірнику періодично відводиться на утилізацію - в шламонакопичувачі, заводи по переробці відходів чи на установки спалювання.

Нова технологія поліпшення якості води забезпечує достатню ефективність очистки води від завислих речовин (в тому числі 90 – 96 % на ступені магніто-реагентної очистки) – 99 % (при їх концентрації до 300 мг/дм<sup>3</sup>), заліза – 95 – 99 % (при місткості заліза до 10 мг/дм<sup>3</sup>), солей твердості - 85–95 % (при концентрації в вхідній воді до 15 мг-екв/дм<sup>3</sup>), БСК – 90 – 95 % (при значенні БСК в вхідній воді до 50 мг/дм<sup>3</sup>), магнетиту і магемиту – 99 - 99,9 % (при їх концентрації до 5 г/дм<sup>3</sup>).



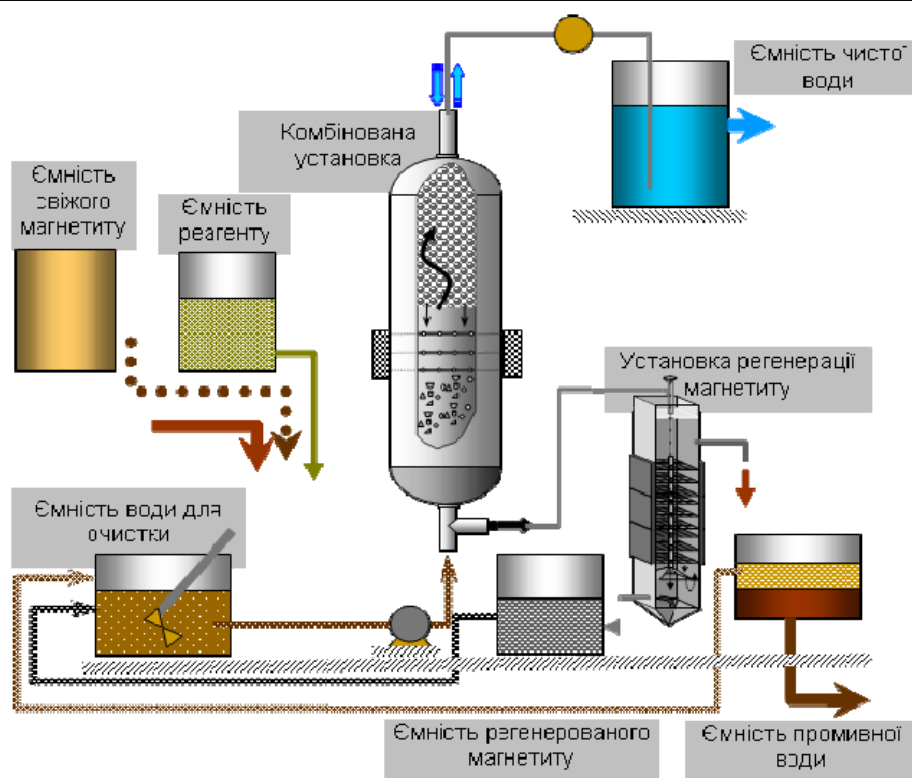


Рис. 5 – Технологічна схема магніто-реагентної очистки води

**Висновки.** В результаті виконаних досліджень встановлено взаємозв'язок між розрахунковими параметрами  $k$ ,  $t_0$  і  $\tau$ , визначені константи між їх співвідношеннями, що дозволяє розробити нові підходи природокористування, створити нові технології сепарації багатозфазних поточних систем. Запропоновано технологічну схему установки очищення багатозфазних рідких систем з магнітними властивостями.

#### Список літератури:

1. Закон України «Про енергозбереження» [Текст]: Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1994. – № 30. – 283 с.
2. Про комплексну державну програму енергозбереження України. Постанова Кабінету Міністрів України №148 від 05.02.1997 р. / Офіційний вісник України. – 1997. – № 6. – 90 с.
3. Лапотышкина, Н. П. Водоподготовка и водно - химический режим тепловых сетей [Текст] / Н. П. Лапотышкина, Р. П. Сазонов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 200 с.
4. Николадзе, Г. И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения: учеб. пособие [по спец. «Водоснабжение и канализация» для вузов.] / Г. И. Николадзе, Д. М. Минц, А. А. Кастальский. - М.: Высш.шк., 1984. – 368 с.
5. Шицман, М. Е. Анализ причин формирования железоксидных отложений на теплообменных поверхностях водогрейных котлов ТЭЦ [Текст] / М. Е. Шицман, Н. А. Зройчиков, В. Ф. Панченко и др. // Электрические станции. – 1998. – № 4. – С. 17–24.
6. Стерман, Л. С. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС [Текст] / Л. С. Стерман, В. Н. Покровский. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 391 с.
7. Амосова, Э. Г. Опыт применения технологии противоточного натрий-катионирования в промышленной котельной [Текст] / Э. Г. Амосова, П. И. Долгополов, Р. И. Гутникова // Энергозбереження и водоподготовка. – 2003. – №2. – С. 48–50.
8. Федосеев, Б. С. Обобщение опыта применения фосфоновых соединений для обработки подпиточной воды в тепловых сетях [Текст] / Б. С. Федосеев, Ю. В. Ирменин // Теплоэнергетика. – 1994. – № 5. – С. 17–18.

9. Бернацкий, Н. В. Исследование процесса локализации примесей воды в магнитном поле [Текст] / Н. В. Бернацкий // Сборник тезисов докладов региональной конференции «Экологические проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов Северо-запада европейской части РСФСР». – Вологда. – 1990. – С. 103.
10. Патент РФ, №2048163, МКИ 6 В 01 D 35/06. Установка для очистки жидкостей [Текст] / Н. Н. Гириль, Н. В. Бернацкий, А. И. Капитанов, В. П., А. И. Попов, В. В. Танковский (РФ). – № 49279752048163, Б.И. №32, 20.11.1995.
11. Научное открытие № 341. Закономерность распределения ферро-, диа- и парамагнитных дисперсных частиц в объеме многофазных текущих сред под многофакторным воздействием на систему [Текст] / В. А. Гурин, Н. Н. Гириль, Н. В. Бернацкий (Украина) и др. Оpubл. 09.11. 07 г. Москва, рег. № 421.

#### Bibliography (transliterated):

1. Anderson, N., Bolto, B., Pawlowski, L. (1984). A method for chromate removal from cooling fower blowdown water. Nucl. and Chem. Waste Manag, №5/2, 125–129.
2. Anderson, N. J., Bolto, B. A., Dixon, D. R., Kolarik, L. O., Priestly, A. J., (1982). Water and wastewater tretment with reusable magnetite particles. Water Sci. and technol, 14, 9–11, 1545–1546.
3. Anderson, N. J., Bolto, B. A., Eldrige, R. J., Kolarik, L. O., Swinton, E. A. (1986). Colour and turbidity removal with reusable magnetic particles. II. Coagulation with magnetic polumer composites. Water Res, 14, 8, 967–973.
4. Gabrielli, F. (1997). Copper Alloy Corrosion and Transport in the Power Plant Cycle. International EPRI – TNEL – VGB Conference on Interaction of Non – Iron Based Materials with Water and Steam. EPRI, Palo Alto CA, USA, 9.1–9.15.
5. Kolarik, L. (1980). Chemistry of sifroflocc process. Chemistry in Australia, 47, 6, 234–237.
6. Kolarik, L. (1983). Colour and turbidite magnetic particles. Alkali activated magnetite – a new solid reusable cjaugulant – adsorbent. Water Res, 17, 2, 141–147.
7. Lechie, J., Merrill, D. (1985). Trace element removal from pover plant wastestreams buadsorption. Coprecipitation Witch amorphous oxyhydroxide. AICHE Symp. Ser, 243, 28–42.

8. Dixon, P., Kolarik, L. (1975). Magnetic microparticles for treatment of natural Waters and wastewaters. Chem. Prot. Environ. Proc. int. Conf., Toulouse, Amsterdam, 179–191.
9. Mitchell, A., Bitton, G., de Latorir, C., Maxwell, E. (1975). Magnetic separation a new approach to water and waste treatment. Program in Water Technology, 3/4, 349–355.
10. Norrgan, D., Werkham, J. (1988). Magnetic capture of fine particles. Prod. and Process. Fine Part: Proc. Int. Symp. Montreal, 875.

Надійшла (received) 20.03.2016

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Магнітно – реагентна технологія очищення води та установка для її реалізації/ М. В. Бернацький // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 17(1189). – С.105–111. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Магнітно - реагентная технология очистки воды и установка для ее реализации/ М. В. Бернацкий // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 17(1189). – С.105–111. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Magnetic - reagent water treatment technology and device for its realization/ M. V. Bernatsky // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 17 (1189). – P.105–111. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459**

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Бернацький Микола Васильович** – кандидат технічних наук, Національний університет водного господарства та природокористування, доцент кафедри охорони праці і безпеки життєдіяльності, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33000, тел. 068-146-28-87, 095-770-39-16; e-mail: [bkmw@ukr.net](mailto:bkmw@ukr.net).

**Бернацький Николай Васильович** – кандидат технічних наук, Національний університет водного господарства та природокористування, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності, ул. Соборная, 11, г. Ровно, Украина, 33000, тел. 068-146-28-87, 095-770-39-16; e-mail: [bkmw@ukr.net](mailto:bkmw@ukr.net).

**Bernatsky Mikola Vasylovych** – candidate of technical sciences, associate professor, National university of water economy and management of nature. Soborna str, 11, Rivne, Ukraine. 33000, tel. 068-146-28-87, 095-770-39-16; e-mail: [bkmw@ukr.net](mailto:bkmw@ukr.net).

УДК 629.01 (075.8)

*Н. Ю. ФИЛЬ*

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ ПРИРОДНЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ АВТОДОРОГАХ С УЧЕТОМ РИСКОВ**

Одной из важнейших составляющих успешного управления проектами предупреждения чрезвычайных природных ситуаций является способность выявлять, оценивать риски и управлять ими. Проведен анализ рисков, которые возможны при управлении проектами предупреждения чрезвычайных природных ситуаций на магистральных автодорогах. Разработана математическая модель планирования работ по проекту предупреждения чрезвычайных природных ситуаций на магистральных автодорогах с учетом рисков, которая относится к классу задач математического программирования со многими критериями. Результаты исследования могут быть использованы при планировании работ различных проектов с учетом рисков.

**Ключевые слова:** управление проектами, чрезвычайные ситуации, предупреждение, магистральные автодороги, риски, работа.

Однією з найважливіших складових успішного управління проектами попередження надзвичайних природних ситуацій є здатність виявляти, оцінювати ризики і управляти ними. Проведено аналіз ризиків, які можливі при управлінні проектами попередження надзвичайних природних ситуацій на магістральних автодорогах. Розроблено математичну модель планування робіт за проектом попередження надзвичайних природних ситуацій на магістральних автодорогах з урахуванням ризиків, яка відноситься до класу задач математичного програмування за багатьма критеріями. Результати дослідження можуть бути використані при плануванні робіт різних проектів з урахуванням ризиків.

**Ключові слова:** управління проектами, надзвичайні ситуації, попередження, магістральні автодороги, ризики, робота.

Implementation of project management in project management practices to prevent extreme natural emergency situations on main roads will significantly save the budget of the projects, to reduce the time of their execution, improve the quality of work performed on the project. One of the most important components of successful prevention project management of natural emergency situations is the ability to identify, assess and manage risks. Analysis of risks is conducted in the article. These risks are possible in the prevention project management of natural emergency situations on the main roads.

A mathematical model of the planning of the prevention project of natural emergency situations on the main roads is developed. This model takes into account the risks, which belongs to a class of mathematical programming problems with many criteria.

As a scientific novelty, a mathematical model of the planning of the prevention project of natural emergency situations on the main roads, taking into account risks is first developed.

The practical importance. The model of planning of the prevention project of natural emergency situations on the main roads can be used to create automated decision support systems of prevention project management prevention of natural emergency situations on the main roads, to development of AWS of project executives and managers.

**Keywords:** project management, emergency, warning, main roads, risks, work.

© Н. Ю. Филь. 2016