



KAPITEL 7 / CHAPTER 7⁷ TECHNOLOGIES OF WATER CLARIFICATION WITH RUFF FIBRED MEDIUM

DOI: 10.30890/2709-2313.2024-29-00-005

Вступ

Прояснення води, як процес вилучення з неї завислих домішок, є одним з основних під час підготовки води для питних та виробничих цілей, а також при очищенні виробничих стічних вод. Традиційно прояснення води з різним ступенем очищення досягають відстоюванням, центрифугуванням, проціджуванням, фільтруванням через зернисті завантаження або завислий шар осаду. Нами запропоновано інноваційні технології прояснення природних та промислових стічних вод з використанням волокнистого середовища у формі йоржів.

Розробки інноваційних технологій із застосуванням волокнистих насадок у технологіях очищення природних та стічних вод були ініційовані у 80-ті роки ХХ століття у Донбаській національній академії будівництва та архітектури (Макіївському інженерно-будівельному інституті) професором М.І. Куликовим [1]. Спочатку були запропоновані технології біологічного очищення та доочищення побутових стічних вод із застосуванням насадки (наповнювача) із скловолокна у формі йоржів. Надалі автори поширили досвід використання йоржового наповнювача із синтетичних волокон на технології прояснення природних та виробничих стічних вод.

Мета досліджень полягала у розробці інноваційних технологій та апаратів з насадкою із синтетичних волокон як контактного середовища у процесах утворення пластівців, фільтрування, центрифугування при очищенні води.

⁷*Authors: Omelchenko Mykola Pavlovyich, Kovalenko Ludmyla Ivanivna*



7.1. Волокнисті середовища в очищенні води

Синтетичні волокна, як фільтруючий матеріал, використовуються традиційно і у вітчизняній, і зарубіжній практиці, у вигляді перегородок або картриджів [2,3].

Найбільш близькими до наших досліджень є розробки [4], в яких пропонуються та мають промислове застосування волоконно-кульові фільтри. Завантаження такого фільтра є високопористі кулі з волокон діаметром 15...30 мм. За твердженнями авторів, таке завантаження має пористість 96% і питому поверхню $3000 \text{ м}^2/\text{м}^3$, брудоемність 6...10 $\text{кг}/\text{м}^3$. Вага одного кубометра такого завантаження становить лише 1,38 кг. Розробкою та випуском продукції займається китайська компанія Xianke Water Treatment [5]. Основне призначення таких фільтрів – вилучення з води олій, хоча дослідники провели досліди з обробкою поверхневих каламутних вод, але ефект прояснення був низьким. Нам видається дуже недосконалим процес регенерації таких фільтрів. Швидше за все після використання такі волокнисті кулі слід замінювати на нові, особливо при очищенні води від оливок.

В основі пропонованих нами технологій – використання властивостей структурованих у формі йоржів синтетичних волокон. Наші дослідження [6] дозволили виділити два типи волокон – поліефірні (лавсан) та поліамідні (капрон), як найбільш прийнятні для використання у технологіях прояснення води. В результаті досліджень фізико-хімічних властивостей поліефірних та поліамідних синтетичних волокон зроблено висновок про те, що обидва типи волокон дозволяють їх використовувати як середовище для затримання завислих і колоїдних домішок із природних та стічних вод. Це твердження підкріплюється достатньою міцністю і пружністю ниток, їх стійкістю у водних середовищах (у тому числі хімічно забруднених) і сухому вигляді на світлі, стійкістю до дії окиснювачів, наведенням позитивного заряду на поверхні волокон (що сприяє адгезії домішок, що вилучаються з води). Перевагу слід надавати поліефірним волокнам.



До переваг волокнистих середовищ зазначеної конфігурації відносяться також:

- висока питома поверхня (до 3000 м²/м³), що забезпечує високу брудосмність волокнистих насадок;
- практично миттєве перебіг процесу вилучення домішок;
- зменшення доз та витрати реагентів через перебіг процесів контактної коагуляції;
- малий вплив лужності та інших хімічних показників на очищення;
- малий гідравлічний опір фільтруючого волокнистого середовища та його незамулюваність.

У розробках використані волокнисті насадки із синтетичних волокон структурованих у формі йоржів, що виготовляються на спеціальному устаткуванні.

7.2. Фільтри з волокнистою насадкою

Спочатку були запропоновані волокнисті фільтри як споруди часткового прояснення суспензій. Перші наївні конструкції повторювали швидкі фільтри, у яких замість зернистого завантаження розміщувалася волокниста насадка. Подальші розробки врахували специфіку волокнистого завантаження та було запропоновано конструкцію, представлену на рис. 1. Корпус виготовляється із сталевих листів (при малих розмірах) або залізобетону.

Робота волокнистих фільтрів полягає в наступному. Висхідна коагульована вода розподіляється за площею фільтра дифузором 2 з кутом при вершині 90° (призматична або пірамідальна частина фільтра) і фільтрується знизу вгору через волокнисту насадку 3 із синтетичних йоржів. У волокнистому середовищі протікає процес контактної коагуляції – коагульовані домішки прилипають до волокон насадки та вилучаються із води. Прояснена вода збирається водозбірними лотками 5 і відводиться із споруди. Періодично здійснюється

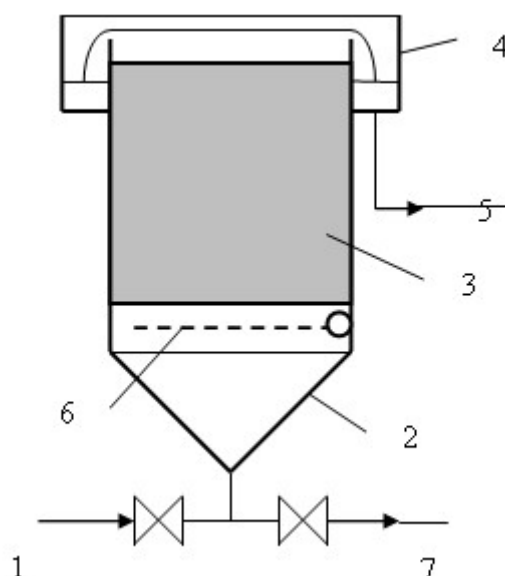


Рисунок - 1. Схема волокнистого фільтра

1- підведення вихідної води; 2-дифузор; 3-волокнисте середовище; 4 канал для збору освітленої води; 5-відведення освітленої води; 6 - дірчасті труби для розподілу стисненого повітря; 7- відведення брудної води

Авторська розробка

регенерація насадки стисненим повітрям. Для цього під насадкою влаштована розподільна система з дірчастих труб 6. У процесі чищення в систему подається стиснене повітря, бульбашки якого, проходячи через волокнисте середовище, струшують волокна та очищають їх від забруднень. Одночасно виконується спорожнення фільтра через трубу 7, при цьому вода із забрудненнями відводиться у стік. Підведення стисненого повітря припиняється за зниження рівня води до нижньої кромки насадки. Для водозберігаючих технологій скидна вода відстоюється і надмулова вода повертається до голови споруд.

Конструкцію такого фільтра було випробувано у виробничих умовах для прояснення шахтної води на шахті «Холодна Балка №3» об'єднання «Макіїввугілля». Вода з шахтного відстійника (в ролі усереднювача) після обробки коагулянтном (сірчанокислим алюмінієм) фільтрувалася в двох послідовно волокнистих фільтрах з корпусами зі сталевого листа розмірами в плані 2x2 м і товщиною насадки 2 м. У дослідженнях каламутність висхідної шахтної води становила 180...285 г/м³, каламутність фільтрату після другого



ступеня 20...40 г/м³ при швидкості фільтрування 5 м/год. Тривалість фільтроциклу становила від 8 до 12 годин, втрати напору на першому ступені не перевищували 0,20 м, на другому – 0,10 м.

Для підземного очищення шахтних вод було розроблено модифіковану конструкцію багатоступінчастого волокнистого фільтра, представлену на рис. 2. Його специфіка диктувалась обмеженням висотних габаритів підземних виробок. У кожній секції фільтра товщина насадки становила один метр, а її загальна велика товщина забезпечувалася за рахунок багатосекційності (кількість секцій залежить від каламутності шахтної води) та руху води крізь волокнисте середовище зигзагом – з чергуванням висхідних та низхідних потоків. На схемі умовно не показані запірні пристрої на патрубках 7.

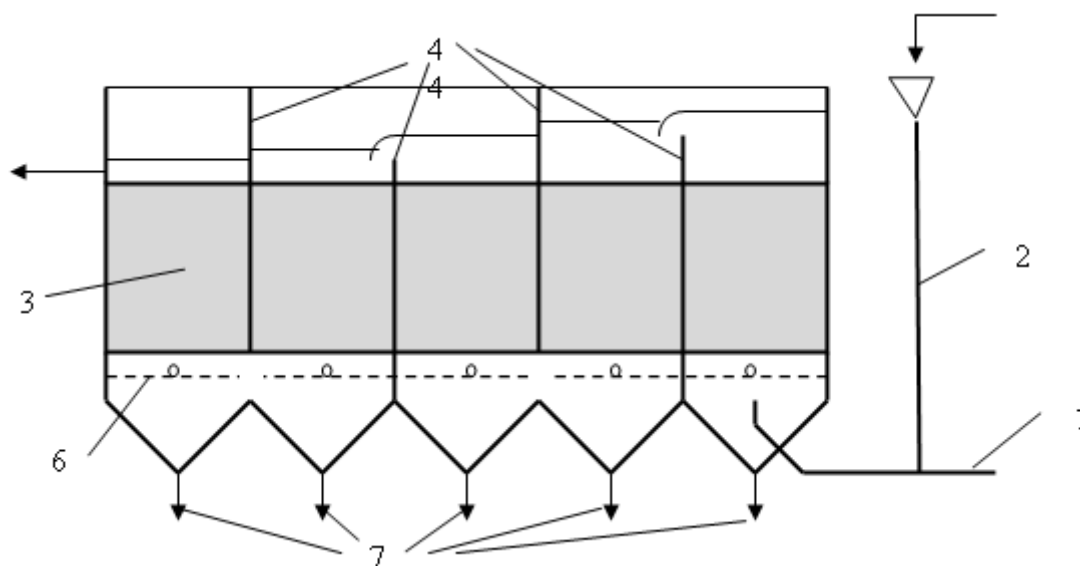


Рисунок - 2. Багатосекційний волокнистий фільтр

1- підведення висхідної води; 2- введення реагенту; 3 - волокниста насадка; 4- напрямні перегородки; 5-відведення проясненої води; 6- дірчасті розподільні труби стисненого повітря; 7- скидання брудної води при чищенні секцій
Авторська розробка

На рисунку показано дослідно-промисловий зразок установки секційного волокнистого фільтра продуктивністю 0,5 м³/год, на якому були проведені дослідження у виробничих умовах на шахті "Чайкіно" об'єднання "Макіїввугілля". Випробування дали такі результати: ефект прояснення шахтної



води до 98%, вміст завислих речовин в очищеній воді 20...40 г/м³, витрата реагенту до 1 г/год, тривалість роботи між чищенням 8...12 годин, втрати води при чищенні 2%, втрати напору в насадці волокнистих фільтрів наприкінці фільтроциклу не вище 5 см. Досягнуті результати перевищують рівень наявних у галузі технологій, очищена вода може повторно використовуватися на технічні потреби шахти.

Для конструкції виробничої установки багатосекційного волокнистого фільтра було прийнято систему видалення брудної води при чищенні насадки ерліфтами, а перед фільтром влаштований відкритий гідроциклон для затримання великих вугільних частинок. Конструкція дозволяє чистити секції незалежно одна від одної – частіше перші ступені та рідше останні.

7.3. Реконструкція шахтних відстійників з використанням волокнистих перегородок

Схема реконструкції шахтних відстійників за проектною пропозицією для шахти ім. Кірова об'єднання "Макіїввугілля" представлена на рис. 3.

На першій стадії великі вугільні частинки затримуються у відкритому гідроциклоні. Потім шахтна вода обробляється розчином катіонного флокулянту і надходить у відстійник. У конструкцію відстійника внесено дві зміни: влаштовується об'ємна волокниста перегородка у зоні прояснення та пірамідальні осередки у зоні накопичення осаду після перегородки. Перегородка заповнена синтетичними йоржами, характеризується високими пористістю та брудоемністю, низьким гідравлічним опором та незамулюваністю. Вона грає роль контактної камери утворення пластівців, великі агрегати, що утворилися, швидко осідають за перегородкою і накопичуються в осередках днища. Для періодичного чищення волокон під перегородкою влаштовується барботаж фільтруючого середовища стисненим повітрям. Видалення осаду з відстійника провадиться за допомогою ерліфтів.

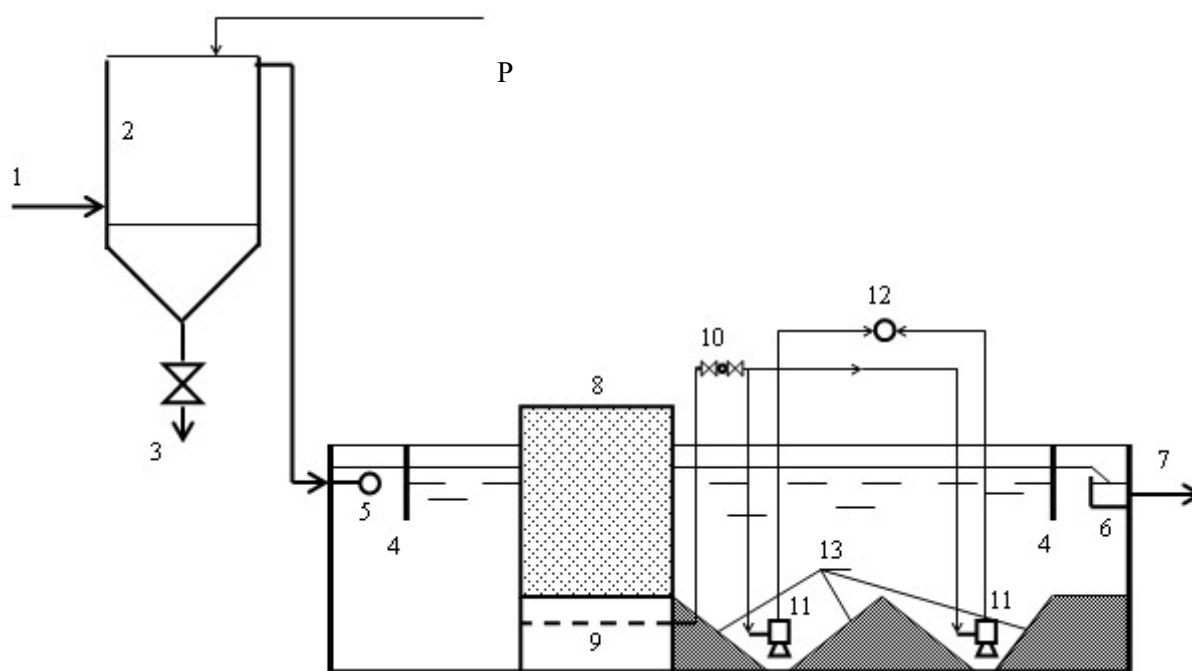


Рисунок - 3. Схема реконструкції шахтного відстійника

1 - підведення висхідної води з водовідливу; 2 – відкритий гідроциклон; 3 – вугільна пульпа; 4 – напівзанурені перегородки; 5 – розподіл води у відстійнику; 6 - лоток для збирання проясненої води; 7 – відведення проясненої води; 8 – перегородка з волокнистою насадкою; 9 – розподільча система стиснутого повітря; 10 - підведення стисненого повітря; 11 - ерліфти; 12 - скидання грязьової пульпи; 13 - бетонні вимоцнення; P – введення реагенту

Авторська розробка

Остання пропозиція була поширена на технологію прояснення природних вод. Замість гідравлічних та гравійних камер утворення пластівців рекомендовано влаштовувати волокнисті контактні камери [7]. Вони забезпечують переваги контактної коагуляції (зменшення доз коагулянту, хорошу роботу при низьких температурах та малій лужності води, малі габарити) у поєднанні з високою пористістю, малим гідравлічним опором та незамулюваністю.



7.4. Реконструкція освітлювачів з використанням волокнистого середовища

При вивченні роботи волокнистого фільтруючого середовища з вилученням завислих домішок було запропоновано перетворювати коридорні освітлювачі з завислим шаром осаду на волокнисті фільтри. Відома «примхливість» завислого шару, його залежність від швидкостей висхідного потоку та температур води, утворення застійних зон тощо. Влаштування волокнистої насадки замість шару завислого осаду та захисної зони дозволяє позбутися зазначених недоліків при збереженні переваг процесу контактної коагуляції. Волокнисте середовище заповнює місце завислого шару осаду та захисну зону всіх трьох коридорів освітлювача, а по площі коридорів влаштовуються системи розподілу повітря. Таким чином, кожен коридор буде влаштований по типу рис. 1, а робота такої споруди буде подібна до експлуатації волокнистого фільтра.

Було розроблено проектні пропозиції такої реконструкції освітлювачів для Слов'янської фільтрувальної станції.

7.5. Реконструкція відкритих гідроциклонів із застосуванням волокнистої насадки

Наші дослідження [6] виявили наведення потенціалів протікання позитивного знаку на досліджуваних волокнах при руху води через насадку із швидкістю 50...125 м/год.

Практична реалізація результатів цих досліджень призвела до розробки кількох конструкцій водоочисних пристроїв: циркуляційного секційного фільтра з ерліфтними контурами [8], фільтра на базі вертикального відстійника з волокнистою насадкою по периферії та обертовими лопатями для створення висхідного спірального потоку [9], фільтра-гідроциклона [10].



Зупинимося на розгляді останнього, найефективнішого пристрою, рекомендованого для застосування. На рис. 4 представлений розріз однієї з можливих конструкцій відкритого гідроциклону з вбудованим волокнистим середовищем.

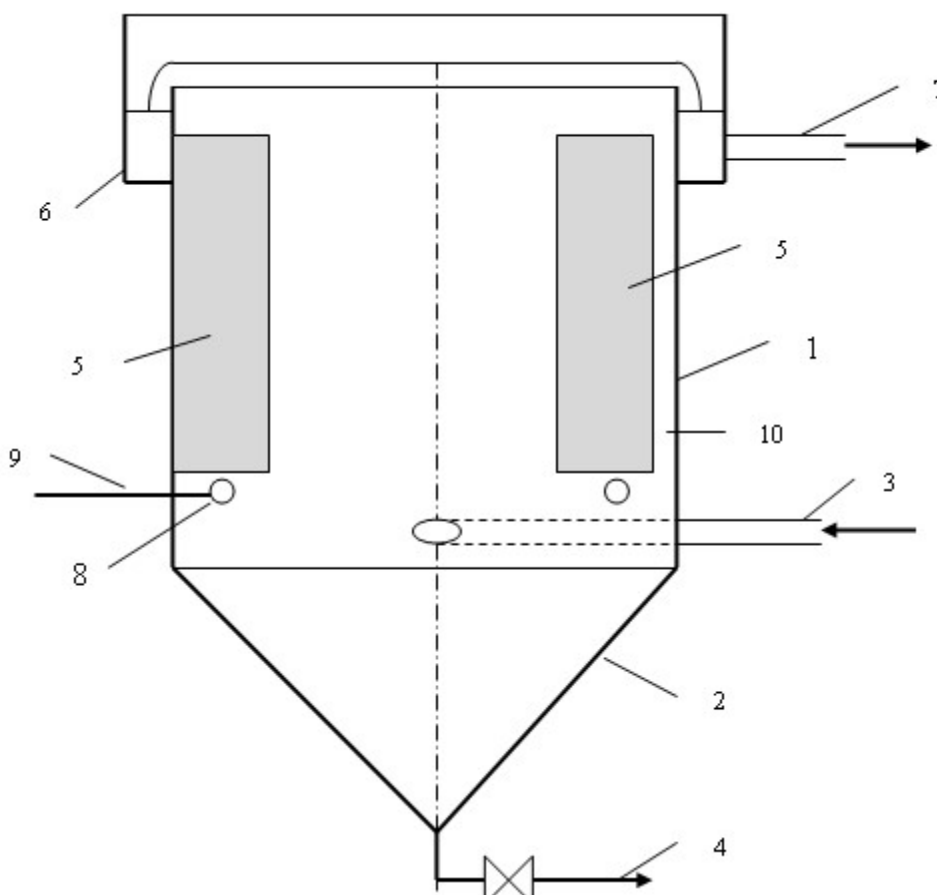


Рисунок - 4. Відкритий гідроциклон з волокнистою насадкою

1-циліндрична частина корпусу; 2-конічна частина корпусу; 3 - вхідний патрубок; 4-скидання осаду; 5 - волокниста насадка; 6 кільцевий водозбірний лоток; 7 - відведення проясненої води; 8 - дірчаста труба для розподілу стиснутого повітря; 9- підведення стисненого повітря; 10 - кільцевий зазор
Авторська розробка

Вода по тангенціальному патрубку 3 впускається в нижню частину вертикального циліндричного корпусу 1, проходить крізь йоржову волокнисту насадку 5 по висхідній спіралі. На волокнах наводиться позитивний заряд, що викликає коагуляцію домішок води з негативним дзета-потенціалом на поверхні волокон та їх вилучення з води. Очищена вода збирається кільцевим водозбірним



лотком 6, а потім відводиться по трубопроводу 7. Для регенерації волокнистої насадки підведення води, що очищається, відключається, а по трубі 9 подається стиснене повітря, яке розподіляється дірчастою трубою 8 по всьому перерізу волокнистої насадки. Технологія чищення волокон від забруднень стисненим повітрям аналогічна волокнистим фільтрам та описана вище.

При наявності зазору 10 великі домішки відокремлюються від води відцентровими силами, відкидаються до стінок циліндричного корпусу, сповзають по них під дією сили тяжіння в кінчне днище 2 і відводяться по патрубку 4 з пристрою при регенерації волокнистої насадки.

Лінійна швидкість обертання максимальна біля стінки корпусу і падає в радіальному напрямку до нуля у осі останнього. Для обґрунтування товщини шару волокнистої насадки скористаємося результатами дослідів із циркуляційним фільтруванням. Відповідно до оптимального діапазону швидкостей фільтрування 50...125 м/год (див. вище) лінійні швидкості обертання становлять 1,4...3,5 см/с, а їх співвідношення 0,4. Оскільки лінійні швидкості обертання прямо пропорційні радіусу, відношення мінімального радіуса до максимального також становить 0,4. Для отримання надійного очищення зазначене співвідношення прийнято $1/3$ – це товщина волокнистої насадки становить по відношенню до радіусу циліндричної частини корпусу.

Пристрій дозволяє виключити витрати коагулянту при частковому проясненні води.



Висновки

Запропоновано нові технології та апарати для прояснення природних та промислових стічних вод з використанням об'ємного середовища із синтетичних волокон у формі йоржів. Результати дослідно-промислових та промислових випробувань нових водоочисних апаратів з волокнистими середовищами – волокнистих фільтрів – показали ефективність їх роботи з показниками, що перевищують досягнутий у галузі рівень. Розробки дають можливість реконструкції традиційних водоочисних споруд та пристроїв (освітлювачів із завислим шаром осаду, горизонтальних відстійників, контактних камер утворення пластівців, відкритих гідроциклонів) з метою інтенсифікації та покращення їх роботи.

Досвід досліджень та впроваджень у виробництво йоржових насадок із синтетичних волокон підтверджує можливість їх широкого застосування в ефективних технологіях очищення природних та виробничих стічних вод.