НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра інженерної екології

УДК621.928.377

СКРИПНИК ТЕТЯНА АНАТОЛІЇВНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ГІДРОЦИКЛОНІВ

Спеціальність 101 « Екологія»

Автореферат

магістерської дисертації

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Київ - 2019

Магістерська дисертація освітнього ступеня «магістр»:

Робота виконана на кафедрі інженерної екології в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник – кандидт технічних наук,
Репін Микола Володимирович
Національному технічному університеті України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Потужність гірничо-металургійного комплексу базується на наявності великої сировинної бази та виробничих потужностей, а також високим рівнем науково-технічного потенціалу. Проте останнім часом ряд негативних економічних, виробничих та політичних факторів призвели до занепаду металургійної промисловості країни.

Чорна металургія являється енергозатратною, адже використовує 54% від загального енергетичного та ресурсного споживання країни. У порівнянні з іншими країнами, частина використання ресурсів сягає лише 12%. Велика енергоємність відбувається через зношену, застарілу виробничу базу (зношеність обладнання 70-80%).

Велика кількість джерел водопоствчання знаходяться далеко за межами санітарно-епідеміологічних норм. Однією з найголовніших державних проблем в сфері екологічної безпеки є безпечне, стійке водокористування зі збереженням якості довкілля. Особливої гостроти ця проблема набуває в умовах посилюється антропогенного впливу на водні об'єкти і виникненні надзвичайних ситуацій.

Мета дослідження: підвищення ефективності очистки стічних вод на металургійних підприємствах шляхом впровадження гідроциклонів покращеної конструкції.

Об'єкт дослідження: процес очищення стічних вод металургійних підприємствах, які містять зважені частинки.

Предмет дослідження: є показники процесу очищення стічних вод, що характеризуються технологією і ефективністью впровадженої технології.

Задачі дослідження

- провести аналіз досліджень та публікацій щодо очистки стічних вод на металугійних підприємствах;
- провести аналіз технологічного процесу та методів очистки стічних вод на підприємствах;
- дослідження та моделювання залежностей роботи гідроциклону при різних режимах роботи та встановлення оптимальних характеристик для розділення суспензій.
- розробити вдосконалену схему очистки стічних вод; економічно обгрунтувати ефективність запропонованого методу.

Методи дослідження: системний аналіз науково-технічної літератури; метод математичного моделювання та прогнозування; методи математичної статистики для апроксимації даних та встановлення залежностей; методи сучасних комп’ютерних технологій обробки інформації, зокрема, пакет прикладних програм MS Excel; графіко-аналітичний аналіз.

Наукова цінність встановлення залежності роботи гідроциклону при тангенціальному режимі та радіальному режимі очистки стоів та концентрації забруднень.

Практична значимість полягає в розробленій технологчній схемі роботи установки. Проведений аналіз технологічного процесу та техніко-економічних показників роботи установки; проаналізовано ефективність роботи установки; встановлено залежністі коефіцієнта розділення суміші, залежно від напору подаваємої рідини.

Отримані результати дослідження необхідно враховувати при виборі методу очистки стічних вод металургійних підприємств які мають зважені частинки та інші крупнодисперсні забруднювачі.

Структура і об'єм роботи. Магістерську дисертацію було виконано на 94 аркушах та перелік посилань на використані джерела з 57 найменувань. У роботі наведено 12 рисунків та 25 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми магістерської дисертації та необхідність проведення досліджень, сформульовані мета і задачі досліджень, предмет і об'єкт дослідження, визначено наукову новизну та практисне значення одержаних результатів.

У першому розділі встановлено основні причини утворення стічних вод на металургійних підприємствах, зокрема металопереробних та металообробних підприємствах, що напрямлені на роботу з виплавкою, листовими видами металів, обробки металів у металоконструкції (Табл.1).

Таблиця 1 - Джерела виникнення стічних вод від виду металургійного підприємства

Вид виробництва	Операція
Сталеплавне	Очищення доменного газу; гідравлічна збірка осілого пилу і просипи в підбункерного приміщенні; грануляція доменного шлаку і розливання чавуну
Прокатне	Охолодження валків, шийок валків і підшипників; змив і транспортування окалини; охолодження допоміжних механізмів; гідравлічне випробування труб
Агломераційне і виробництво окатишів	Очищення газів; збірка просипи від випалювальних машин і пилових мішків; вологе прибирання приміщень
Домнне	Очищення доменного газу; гідравлічна збірка осілого пилу і просипи в підбункерного приміщенні; грануляція доменного шлаку і розливання чавуну
Коксохімічне	Вуглезбагачення і пиловловлювання; хімічні процеси (Фенольні стічні води); гасіння коксу

Наведені основні положення, представлені табличні дані по використанню стічних вод на металургійних підприємствах, склад домішок для кожного виду використання та виведено категорію найбільш шкідливих з санітарної точки зору стічних вод (Табл 2).

Таблиця 2 – Розрахунок використання води залежно від виду вробництва

Вид виробництва	Продукція що виготовляється	Питома витрата води $м^3/т$		Відсотковий вміст в питомому розрахунку, %
		Всього	В т.ч.свіжої	
Гірничорудне	руда	12	4,5	5,0
Агломераційне	агломерат	7,5	0,6	3,1
Коксо-хімічне	кокс	12,5	1,0	5,2

Доменне	чугун	60	4,5	25,0
Сталеплавне	сталь	52	3,5	21,7
Прокатне	прокат	96	5,5	40,0
Всього		240	20	100

Таблиця 3 – Ступінь зношуваності основних фондів металургійних підприємств України

Найменування підприємства	Ступінь зношеності, %
ПАТ «Макіївський металургійний комбінат»	67,4
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	80,8
ПАТ «Дніпропетровський металургійний завод ім.Комінтерну»	56,5
ПАТ «Євраз-Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського»	79,5
ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат ім. Ф.Е. Дзержинського»	55,2
ПАТ «Запоріжсталь»	56,4
ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»	57,7
ПАТ «Алчевський металургійний комбінат»	38,9

Проведено аналіз у розрізі основних металургійних підприємств, більшість з яких має високий ступінь зношеності основних фондів (Табл.3), найвищий зафіксовано на таких підприємствах, що на пряму впливає на фільтрацію та використання стічних вод для повторного циклу.

У другому розділі розглянуто основні традиційні методи очищення стічної води металургійних підприємств, які в своєму складі містять метали. Метод високотемпературного спалювання та очищення стоків в аеробно-анаеробному біореакторі. Метод елктрокоагуляції, який полягає в насиченні води, що очищається мікробульбашками водню і кисню, що утворюються при її електролізі під дією постійного електричного струму.

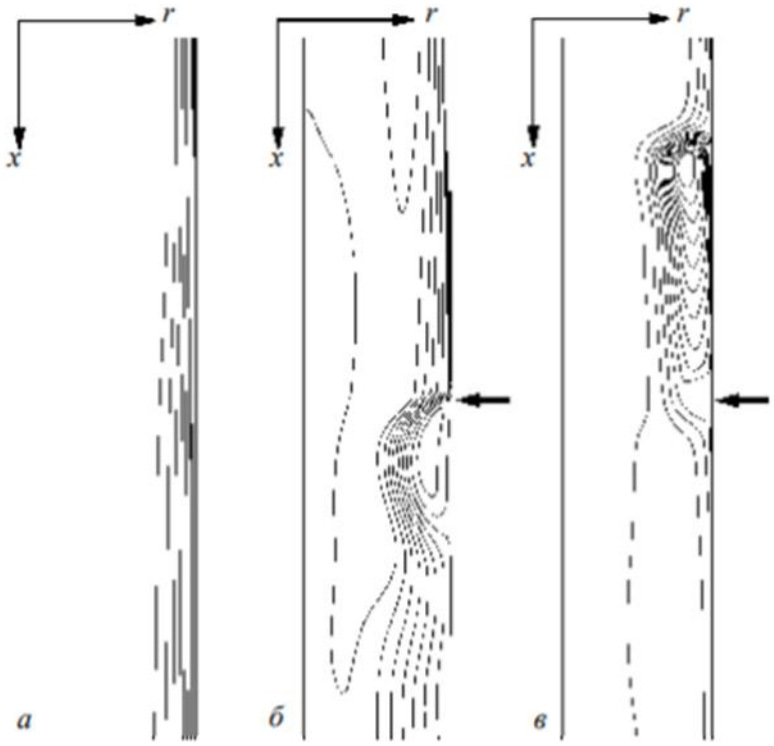
Застосування електрофлатації дозволяє ефективно очищувати стічну воду, але в процесі очищення утворюється надлишкова біомаса мікроорганізмів не може бути повністю вилучена з вторинного відстійника через дуже малі розміри. Розглянуто ефективні прилади та методи для очистки стічних вод від нерозчинних домішок на підприємствах.

Опрацьовано класифікацію, сфери використання, визначено технологічні переваги та недоліки гідроциклонів.

У третьому розділі Виявлено основні закономірност перебігу води в інжектування в гідроциклоні з інжектором, що має 5 тангенціально спрямованих сопел, також було вирішено системи рівнянь кількості руху та системи переносу напруг за допомогою експоненціальної схеми руху з залученням алгоритму

PRESTO, для обгрунтування тиску на гранях осередків. Узгодження між полем тиску і полем швидкості було реалізовано на основі алгоритму PISO.

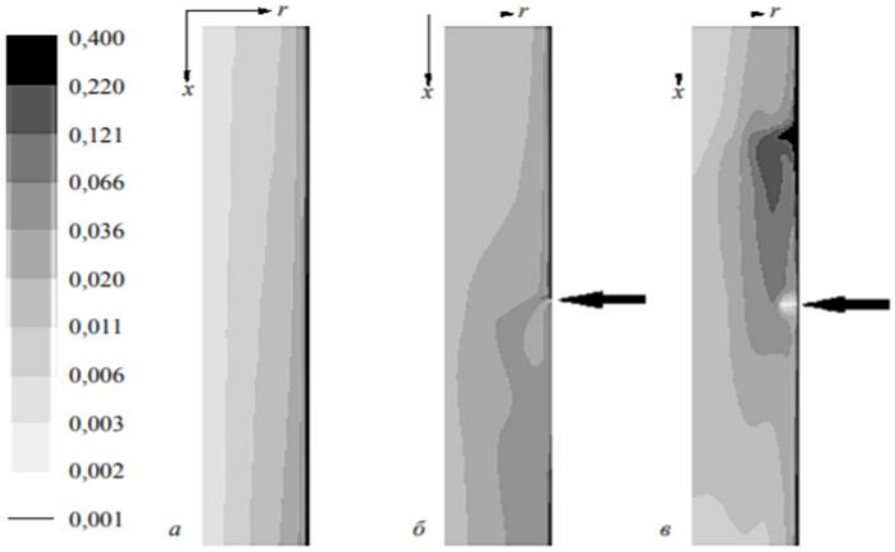
Як показали розрахунки при однаковій витраті інжектуючої рідини тангенціальне підведення в системі очищення на з тангенціальним підведенням в гідроциклонах на металургійних підприємствах набагато сильніше деформує основний потік в ньому ніж радіальний.



а – без інжекції; б – радіальна інжекція; в – тангенціальна інжекція.
Рисунок 1 – Траекторії частинок фракції № 1 Qinj = 6 л/хв

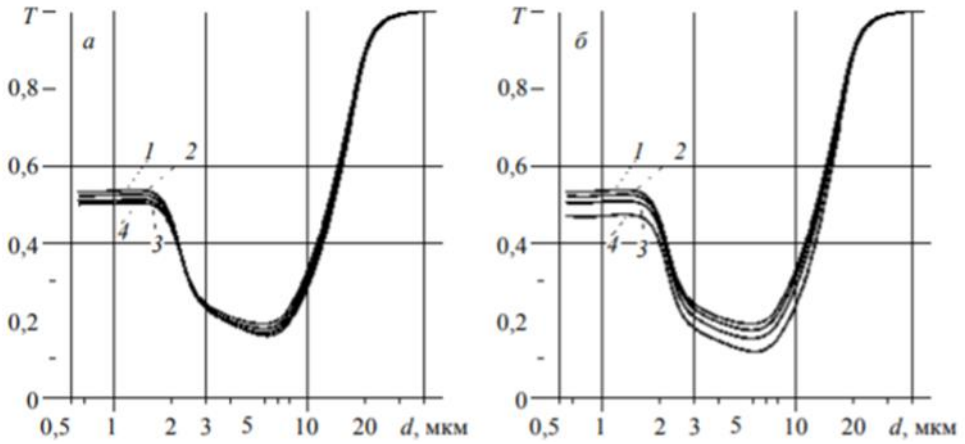
При цьому відбувається часткове замикання основного потоку в конічної частини гидроциклона, яке перешкоджає виносу дрібних частинок в нижній злив. Слід зазначити, що такі відмінності в картині перебігу починають проявлятися для витрати інжектуючої рідини від 6 л/хв і вище.

В результаті деформації поля течії відбувається перерозподіл твердої фази в інжекторі, Рис. 2, що виражається в її винесення з пристеночной області в напрямку осі симетрії, в результаті чого відбувається підвищення об'ємної частки частинок в ядрі потоку, тим самим збільшується ймовірність виносу частинок через верхній злив.



а – без інжекції; б – радіальна інжекція; в – тангенціальна інжекція.
Рисунок 2 – Об’ємна доля твердої фази (логарифмічна шкала), Q_{inj} = 6 л/хв

Тангенціальний спосіб інжектування більшою мірі підвищує об'ємну частку твердої фази в потоці (Рис.2 в) в порівнянні з радіальним способом (Рис. 2,б) за рахунок сформованого пристінкового вихору над місцем інжекції (Рис. 2, в).



а – радіальний спосіб інжекції; б – тангенціальний спосіб інжекції
Рисунок 3 – Вплив інжекції на функцію розділення

На Рис. 3 показано вплив об'ємної витрати інжектируются рідини на залежність функції розподілу (відношення масової витрати частинок деякої фракції через нижній злив до масовій витраті частинок цієї ж фракції через що живить патрубок) від розміру фракції для двох способів інжектування: радіального (Рис. 3, а) і тангенціального (Рис. 3, б).

Як видно з результатів розрахунку, при невеликих витратах инжекціонного потоку (до 4 л/хв) спосіб інжектування не робить помітного впливу на поведінку функції поділу, хоча при цьому спостерігається її зниження для малорозмірних фракцій (1-3 фракції) до 4,5% і для середньорозмірних фракцій (5-7 фракції) до 19% .

Подальше збільшення инжекционного потоку до 6 л/хв не призводить до будь-якого зміни функції розподілу в разі радіального способу інжектування. Тангенціальний спосіб інжектування, навпаки, істотно знижує функцію розподілу в широкому фракційному діапазоні. Подібний вплив інжекції на функцію поділу було отримано і при проведенні експериментів з гідроциклоном, обладнаним двома інжекційними соплами.

За допомогою математичного моделювання було показано вплив об'ємної витрати інжектуючої рідини на залежність функції розподілу від розміру фракції для двох способів інжектування. За результатами розрахунку за невеликих витрат інжекційного потоку (до 4 л/хв), встановлено при моделюванні розробленої схеми, спосіб інжектування не робить помітного впливу на поведінку функції поділу.

У четвертому розділі проведено маркетеговий аналіз для впровадження розробленої технології на ринок; формулювання ідеї проекту, визначення основної групи споживачів, формулювання можливостей та загроз пропонованої технології.

Сформульовано основну ідею проету, що пропонуєтьс, напрямки для можливого застосування, вигоди, які може отримати користувач (Табл. 4).

Таблиця 4 – Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Підвищення ефективності очистки стічних вод на метаургійних підпримствах за рахунок виведення на ринок інноваційного пристрою, який завдяки своїй конструкційній особливості та забезпеченню необхідного напору має покращену ефективність роботи	Пристрій для розділення емульсій на металургійних підприємствах	Забезпечення необхідного ступеня очистки стічних вод, який надає відмінний результат
	Пристрій для освітлення та розділення суспензій на збагачувальних підприємствах	Можливість отримання економічної вигоди за рахунок використання даного приладу в системах оборотного водопостачання. Зменьшення площ очисних споруд, аже прилад може замінити габаритні відстійники.

У результаті аналізу конкурентного середовища встановлено, що на ринку немає приладів з конкурентними з даним набором технологічного оснащення та ефективністю роботи.

У табл. 5 узагальнено результати SWOT-аналізу потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5 – Матриця SWOT-аналізу

Сильні сторони	**Слабкі сторони**
1. Відповідність продукту міжнародним та державним стандартам типу ДСТУ EN 300-319; 2. Вирішення проблеми відсутності найбільш ефективного пристрою який забезпечує для свого функіонування умов; 3. Можливість удосконалення та покращення виробу; 4. Багатофункціональність виробу.	1. Відсутність патенту на виріб; 2. Відсутність власних виробничих потуж-ностей, створення яких потребує капітало-вкладення; 4. Прилад не використовувався практично.
Можливості	**Загрози**
1. Вихід на міжнародний ринок; 2. Доступність інвестицій та кредитів; 3. Можливість адаптації фізико-механічних властивостей виробу для використання тощо.	1. Негативні зміни з боку національного законодавства; 2. Поява значної кількості конкурентів; 3. Відсутність попиту 4. Виникнення нових технологічних рішень для багатофункціональної очистки стічних вод від більшої кількості забрудників.

Аналіз ринку підтверджує відсутність абсолютних аналогів багатофункціональної паперової плити з волокнистого скопу, що класифікує останню новим товаром на ринку.

Враховуючи наявний попит та динаміку на ринку є можливість ринкової комерціалізації запропонованого стартап-проекту. З огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність проекту вважаємо останній доцільним для подальшої імплементації.

ВИСНОВКИ

Виявлено закономірності утворення стічних вод, причини утворення, та вплив на навколишнє середовище.

Виявлено основні закономірност перебігу води в інжектування в гідроциклоні з інжектором, що має 5 тангенціально спрямованих сопел, також було вирішено системи рівннянь кількості руху та системи переносу напруг за допомогою експоненціальної схеми руху з залученням алгоритму PRESTO, для

обгрунтування тиску на гранях осередків. Узгодження між полем тиску і полем швидкості було реалізовано на основі алгоритму PISO. Як показали розрахунки при однаковій витраті інжектуючої рідини тангенціальне підведення в системі очищення на з тангенціальним підведенням в гідроциклонах на металургійних підприємствах набагато сильніше деформує основний потік в ньому ніж радіальний.

Метод елктрокоагуляції, який полягає в насиченні води, що очищається мікробульбашками водню і кисню, що утворюються при її електролізі під дією постійного електричного струму. Застосування електрофлатації дозволяє ефективно очищувати стічну воду, але в процесі очищення утворюється надлишкова біомаса мікроорганізмів не може бути повністю вилучена з вторинного відстійника через дуже малі розміри.

Наведені основні положення, представлені табличні дані по використанню стічних вод на металургійних підприємствах, склад домішок для кожного виду використання та виведено категорію найбільш шкідливих з санітарної точки зору стічних вод.

Проведено аналіз у розрізі основних металургійних підприємств, більшість з яких має високий ступінь зношеності основних фондів, найвищий зафіксовано на таких підприємствах, що на пряму впливає на фільтрацію та використання стічних вод для повторного циклу. Розглянуто ефективні прилади та методи для очистки стічних вод від нерозчинних домішок на підприємствах. Опрацьовано класифікацію, сфери використання, визначено технологічні переваги та недоліки гідроциклонів. Підібрані методи очищення стічної води металургійних підприємств, які в своєму складі містять метали. Метод високотемпературного спалювання та очищення стоків в аеробно-анаеробному біореакторі.

За допомогою математичного моделювання було показано вплив об’ємної витрати інжектуючої рідини на залежність функції розподілу від розміру фракції для двох способів інжектування.

За результатами розрахунку за невеликих витрат інжекційного потоку (до 4 л/хв), встановлено при моделюванні розробленої схеми, спосіб інжектування не робить помітного впливу на поведінку функції поділу.

Аналіз ринку підтверджує відсутність абсолютних аналогів багатофункціональної паперової плити з волокнистого скопу, що класифікує останню новим товаром на ринку.

Враховуючи наявний попит та динаміку на ринку є можливість ринкової комерціалізації запропонованого стартап-проекту.

З огляду на потенційні групи клієнтів, бар’єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність проекту вважаємо останній доцільним для подальшої імплементації.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у роботах:

Скрипник Т.А. Обґрунтування доцільності застосування гідроциклонів для очистки стічних вод на металургійних підприємствах. Наукові праці КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІЕЕ.: збірник тез доповідей ІІ науково-технічної конференції магістратів ІЕЕ. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІЕЕ, 2019.

АНОТАЦІЯ

В дисертації встановлено основні причини утворення стічних вод на металургійних підприємствах, зокрема металопереробних та металообробних підприємствах, що напрямлені на роботу з виплавкою, листовими видами металів, обробки металів у металоконструкції. Наведені основні положення, представлені табличні дані по використанню стічних вод на металургійних підприємствах, склад домішок для кожного виду використання та виведено категорію найбільш шкідливих з санітарної точки зору стічних вод. Проведено аналіз у розрізі основних металургійних підприємств, більшість з яких має високий ступінь зношеності основних фондів, найвищий зафіксовано на таких підприємствах, що на пряму впливає на фільтрацію та використання стічних вод для повторного циклу.

Розглянуто основні традиційні методи очищення стічної води металургійних підприємств, які в своєму складі містять метали. Метод високотемпературного спалювання та очищення стоків в аеробно-анаеробному біореакторі. Метод елктрокоагуляції, який полягає в насиченні води, що очищається мікробульбашками водню і кисню, що утворюються при її електролізі під дією постійного електричного струму. Застосування електрофлатації дозволяє ефективно очищувати стічну воду, але в процесі очищення утворюється надлишкова біомаса мікроорганізмів не може бути повністю вилучена з вторинного відстійника через дуже малі розміри. Розглянуто ефективні прилади та методи для очистки стічних вод від нерозчинних домішок на підприємствах.

Виявлено основні закономірност перебігу води в інжектування в гідроциклоні з інжектором, що має 5 тангенціально спрямованих сопел, також було вирішено системи рівннянь кількості руху та системи переносу напруг за допомогою експоненціальної схеми руху з залученням алгоритму PRESTO, для обгрунтування тиску на гранях осередків. Узгодження між полем тиску і полем швидкості було реалізовано на основі алгоритму PISO. Як показали розрахунки при однаковій витраті інжектуючої рідини тангенціальне підведення в системі очищення на з тангенціальним підведенням в гідроциклонах на металургійних підприємствах набагато сильніше деформує основний потік в ньому ніж радіальний. За допомогою математичного моделювання було показано вплив об’ємної витрати інжектуючої рідини на залежність функції розподілу від

розміру фракції для двох способів інжектування. За результатами розрахунку за невеликих витрат інжекційного потоку (до 4 л/хв), встановлено при моделюванні розробленої схеми, спосіб інжектування не робить помітного впливу на поведінку функції поділу.

Ключові слова: ГІДРОЦИЛОН, ОЧИСНА СИСТЕМА, ЕЛЕКТРИЧНА СИСТЕМА, СЕПАРАТОР, ІНЖЕКТУВАННЯ, СУСПЕНЗІЯ, ПОТРУБОК, ФЛОТАЦІЯ.

ANNOTATION

In this dissertation were set out the main reasons of wastewater formation at metallurgical enterprises, in particular metal processing and metalworking enterprises, which are aimed at work with smelting, sheet metals, metal processing in metal structures. The main provisions are presented, tabular data on wastewater use at metallurgical enterprises are presented, the composition of impurities for each use, and the category of the most harmful from the sanitary point of view of wastewater is deduced. The analysis is carried out by major metallurgical enterprises, most of which have a high degree of deterioration of fixed assets, the highest recorded at such enterprises, which directly affects the filtration and sewage treatment for re-cycle.

The main traditional methods of wastewater treatment of metallurgical enterprises, which contain metals, are considered. Method of high-temperature combustion and wastewater treatment in an aerobic-anaerobic bioreactor. The method of electrocoagulation, which consists in the saturation of water, which is purified by microbubbles of hydrogen and oxygen, which are formed during its electrolysis under the action of direct electric current. The use of electroflation allows to efficiently purify wastewater, but in the process of purification of excess biomass of microorganisms can not be completely removed from the secondary sump due to the very small size. Effective devices and methods for the treatment of wastewater from insoluble impurities in enterprises are considered.

The basic regularities of water flow into injection in a hydrocyclone with an injector having 5 tangentially directed nozzles were revealed, and the systems of equations of quantity of movement and system of transfer of voltages were solved by means of an exponential scheme of motion with the use of PRESTO algorithm, for substantiation of pressure on the faces of cells. The agreement between the pressure field and the velocity field was realized on the basis of the PISO algorithm. As shown by the calculations at the same flow rate of the injection fluid, the tangential supply in the system of cleaning with the tangential supply in the hydrocyclones at the metallurgical enterprises much more deforms the main flow in it than the radial one. Mathematical modeling showed the effect of volume flow rate of the injection fluid on the dependence of the fraction function on the size of the fraction for the two methods of injection. According to the results of the

calculation for small flow of injection flow (up to 4 l / min), established in the simulation of the developed scheme, the injection method does not have a significant effect on the behavior of the separation function.

Keywords: HYDROCYLONE, TREATMENT SYSTEM, ELECTRICAL SYSTEM, SEPARATOR, INJECTION, SUSPENSION, PIPE, FLOTATION.