

Тема: «Підвищення надійності та довговічності деталей центрифуг в умовах АПК»

Виконав: Токаренко Андрій Володимирович

Керівник: Тарельник В.Б.

ВСТУП:

Дефіцит води є однією з головних проблем у світі, і мільйони людей не мають доступу до прісної води. Неочищені стічні води широко використовуються в сільському господарстві в багатьох країнах. Це одна з провідних серйозних проблем навколишнього середовища та громадського здоров'я у світі. Замість використання неочищених стічних вод, очищені стічні води визнані більш застосовним та екологічно чистим варіантом. Крім того, токсичність навколишнього середовища через вплив твердих відходів також є однією з головних проблем зі здоров'ям. Також існує пов'язана з цим проблема здоров'я фермерів, які працюють на полях, зрошуваних стічними водами, а також на шкідливий вплив неочищених стічних вод. Споживання врожаю, зрошеного стічними водами, має важливі наслідки для здоров'я. Наше сучасне розуміння очищення та використання стічних вод у сільському господарстві з урахуванням досягнень у методах очищення має великі перспективи в майбутньому.

Тому, маючи намір боротися з проблемами, пов'язаними з використанням неочищених стічних вод, та обробки стічних вод як потенційного ресурсу для використання в сільському господарстві, актуальність теми дипломної магістерської роботи «Підвищення надійності та довговічності деталей центрифуг в умовах АПК» не визиває сумніву.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРИФУГ В УМОВАХ АПК

1.1. Важливість обробки стічних вод як потенційного ресурсу для використання в сільському господарстві

Швидке виснаження та підвищення рівня попиту на прісну воду, хоча рекультивація або повторне використання стічних вод є однією з найважливіших потреб поточної ситуації. Загальне споживання води у світі для сільського господарства становить 92%. З них близько 70% прісної води використовується для зрошення [1], яка надходить з річок та підземних джерел води. Статистика свідчить про серйозне занепокоєння країн, які стикаються з водною кризою. В басейнах з великим дефіцитом води проживає 40% населення світу, що являє собою водну кризу для зрошення. Тому повторне використання стічних вод є ідеальним ресурсом для заміни використання прісної води в сільському господарстві. Очищені стічні води зазвичай використовуються для непитних потреб, таких як сільське господарство, землекористування, зрошення, поповнення ґрунтових вод, зрошення полів для гольфу, миття транспортних засобів, змивання туалетів, пожежогасіння та будівництво будівель. Їх також можна використовувати для охолодження на теплових електростанціях. На світовому рівні зрошення очищеними стічними водами підтримує врожайність сільського господарства та засоби до існування мільйонів дрібних фермерів. Глобальне повторне використання очищених стічних вод для

сільськогосподарських цілей демонструє широку мінливість від 1,5 до 6,6%. Понад 10% населення світу споживає сільськогосподарську продукцію, яка вирощується шляхом зрошення стічними водами. Повторне використання очищених стічних вод зазнало дуже швидких темпів зростання, а обсяги збільшувалися приблизно на 10-29% на рік у Європі, США, Китаї та до 41% в Австралії. Китай є провідною країною в Азії з повторного використання стічних вод, маючи площу, що оцінюється в 1,3 млн га, включаючи В'єтнам, Індію та Пакистан. Наразі, за оцінками, очищується лише 37,6% міських стічних вод в Індії. Використовуючи 90% очищеної води, Ізраїль є найбільшим споживачем очищених стічних вод для зрошення сільськогосподарських угідь. Детальна інформація щодо використання прісної води та очищених стічних вод наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Стан використання прісної води та очищених стічних вод у різних країнах

| Країна | Галузі водокористування | | Стан повторного використання води (основні сектори, що повторно використовують воду) | |
|-----------------|--|-----|--|-------|
| | | | | |
| Європа | Сільське господарство | 44% | Ландшафтне зрошення | 20% |
| | | | Поповнення ґрунтових вод | 2,2% |
| | | | Рекреаційний | 6,8% |
| | Промисловість та виробництво енергії | 40% | Непитні міські потреби | 8,3% |
| | | | Непряме використання питної води | 2,3% |
| | | | Зрошення сільського господарства | 32% |
| | Водопостачання | 16% | Промисловий | 19,3% |
| | | | Покращення навколишнього середовища | 8% |
| | | | Інше | 1,5% |
| Південна Африка | Сільське господарство | 60% | Зрошення ландшафтних та спортивних полів | 9% |
| | Внутрішній | 27% | | |
| | Промисловий | 3% | Промисловість | 48% |
| | Потужність | 4% | | |
| | Видобуток корисних копалин | 3% | Сільське господарство | 43% |
| | Інше | 3% | | |
| США | Прісноводні термоелектричні електростанції | 41% | Сільськогосподарське зрошення | 37% |
| | Сільськогосподарське зрошення | 37% | Геотермальна енергія | 2% |
| | Галузі промисловості | 6% | Зрошення поля для гольфу | 7% |
| | Внутрішній | 14% | Ландшафтне зрошення | 17% |
| | Тваринництво та аквакультура | 3% | Поповнення ґрунтових вод | 12% |
| | | | Бар'єр від проникнення морської води | 7% |
| | | | Рекреаційне водосховище | 4% |
| | | | Водно-болотні угіддя, середовище існування дикої природи | 4% |
| | | | Промислові та комерційні | 8% |
| | | | Інше | 2% |
| Індія | Сільське господарство | 87% | Сільськогосподарське зрошення | 78% |
| | Промисловий | 7% | Промислове використання | 12% |

| | | | | |
|--------|--------------------------------------|-----|--|-------|
| | Внутрішній | 4% | Теплова електростанція | 4% |
| | Енергія | 2% | Поповнення ґрунтових вод та штучні озера | 6% |
| Греція | Зрошення | 83 | Сільськогосподарське зрошення | 58,38 |
| | Тваринництво | 1.3 | Зрошення лісових угідь та пожежогасіння | 17.7 |
| | Промисловість | 2.2 | Ландшафтне зрошення | 23,92 |
| | Громадське використання (питна вода) | 13 | | |
| | Інше | 1.2 | | |

Багато країн з низьким рівнем доходу в Африці, Азії та Латинській Америці використовують неочищені стічні води як джерело зрошення. З іншого боку, країни із середнім рівнем доходу, такі як Туніс, Йорданія та Саудівська Аравія, використовують очищені стічні води для зрошення. Побутова вода та очищені стічні води містять різні типи поживних речовин, такі як фосфор, азот, калій та сірка, але основна кількість азоту та фосфору, що містяться у стічних водах, може легко накопичуватися рослинами, тому вони широко використовуються для зрошення [2]. Багата доступність поживних речовин у очищених стічних водах зменшує використання добрив, підвищує врожайність сільськогосподарських культур, покращує родючість ґрунту, і водночас це також може знизити вартість виробництва сільськогосподарських культур. Дані про високу поживну цінність очищених стічних вод показано на рис. 1.1 .

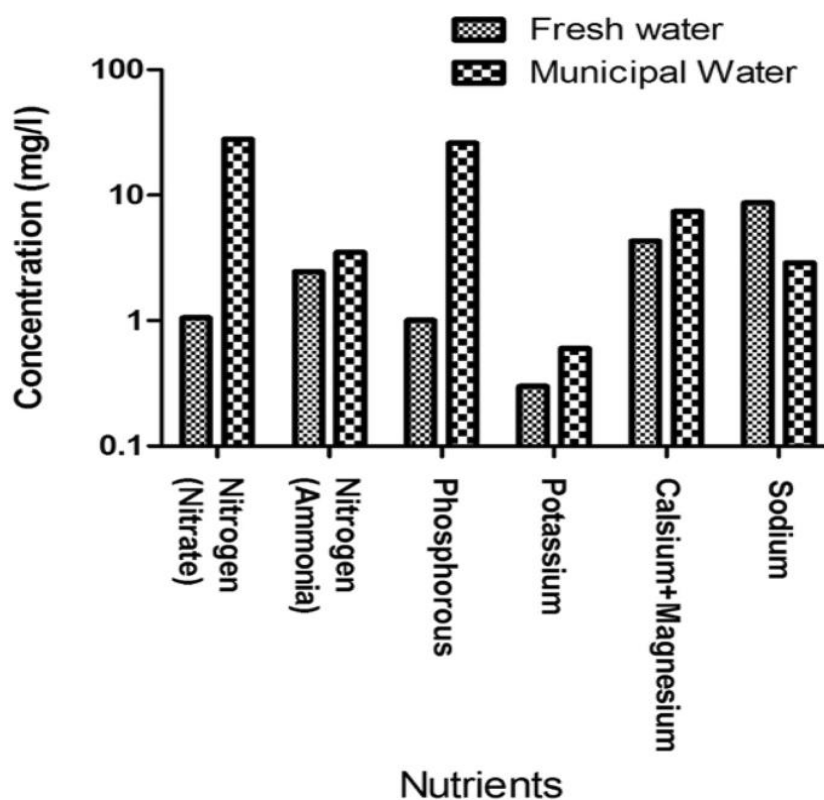


Рисунок 1.1. - Концентрації поживних речовин (мг/л) у прісній/стічній воді

Повторне використання стічних вод для зрошення сільськогосподарських культур виявило кілька проблем зі здоров'ям [3]. Зрошення промисловими стічними водами безпосередньо або у змішуванні з побутовою водою показало вищий ризик. Фактори ризику вищі через забруднення важкими металами та патогенами, оскільки важкі метали не є біорозкладними та мають тривалий біологічний період напіврозпаду. Вони містять кілька токсичних елементів, таких як Cu, Cr, Mn, Fe, Pb, Zn та Ni [4]. Ці важкі метали накопичуються у верхньому шарі ґрунту (на глибині 20 см) та потрапляють через коріння рослин; вони потрапляють в організм людини та тварин через споживання листових овочів та вдихання забруднених ґрунтів.

Таким чином, оцінка ризику для здоров'я від такого зрошення стічними водами є важливою, особливо для. Для цього перед скиданням стічних вод у річку, на сільськогосподарські угіддя та в ґрунти слід застосовувати вдосконалений метод очищення стічних вод.

Протягом десятиліття повторне використання стічних вод також стало однією з глобальних проблем охорони здоров'я, пов'язаних із здоров'ям населення та навколишнім середовищем [5]. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) розробила в 1973 році рекомендації щодо захисту громадського здоров'я шляхом сприяння умовам використання стічних вод та екскрементів у сільському господарстві та аквакультури. Пізніше, у 2005 році, початкові рекомендації були розроблені за відсутності епідеміологічних досліджень з використанням підходу мінімального ризику. Повторне використання стічних або сірих вод має негативні ризики для здоров'я, пов'язані з мікробною небезпекою (тобто інфекційними патогенами) та впливом хімічних речовин або фармацевтичних препаратів. Дослідники повідомляли, що вплив стічних вод може спричинити інфекційні (гельмінтозні) захворювання, які пов'язані з анемією та порушенням фізичного та когнітивного розвитку.

Через зростання населення та зростаючий дисбаланс між попитом та пропозицією води, очікується, що використання стічних вод зросте в найближчі роки. Використання очищених стічних вод у розвинених країнах відбувається за суворими правилами та нормами. Однак пряме використання неочищених стічних вод без будь-якої чіткої регуляторної політики очевидне в країнах, що розвиваються, що призводить до серйозних проблем із навколишнім середовищем та здоров'ям населення. Через ці проблеми в нижче розглядаються ризики, пов'язані з впливом неочищених стічних вод, та передові методи їх очищення, а також можливості повторного використання очищених стічних вод у сільському господарстві.

Екологічна токсичність неочищених стічних вод

Очищені стічні води мають ширше застосування, таке як зрошення, поповнення ґрунтових вод, змивання туалетів та пожежогасіння. Муніципальні очисні споруди (ОВС) є основним пунктом збору різних токсичних елементів, патогенних мікроорганізмів та важких металів. Вони збирають стічні води з різних джерел, таких як побутові стічні води, промислові, клінічні або лікарняні стічні води, а також міські стоки [6]. Alghobar et al. Трава та сільськогосподарські культури, зрошувані стічними водами та очищеними стічними водами, багаті на важкі метали порівняно зі зрошенням ґрунтовими водами (ГВ). Хоча важкі метали класифікуються як токсичні елементи та перелічені як кадмій, свинець, ртуть, мідь та залізо. Перевищення дози або впливу цих важких металів може бути небезпечним для здоров'я. Основними джерелами цих важких металів є питна вода. Це може бути пов'язано зі скиданням стічних вод у річку або потраплянням стічних вод у ґрунтові води через забруднення ґрунту. У таблиці 1.2 представлено допустимі норми вмісту важких металів у питній воді та їх вплив на здоров'я людини після перевищення їхньої кількості у питній воді, а також шляхи потрапляння важких металів в організм людини.

Прямий скид у річку або повторне використання стічних вод для зрошення може мати короткострокові наслідки, такі як забруднення важкими металами та мікробами, а також патогенна взаємодія в ґрунті та

сільськогосподарських культурах. Це також має довгостроковий вплив, такий як засоленість ґрунту, яка зростає при регулярному використанні неочищених стічних вод.

Таблиця 1.2 - Загальні допустимі норми вмісту важких металів у питній воді та захворювання, пов'язані з їх надлишковою кількістю, згідно ВООЗ

| Важкі метали забруднюють якість води | Допустимі норми у питній воді (мг/л) | Допустимі норми вмісту у стічних водах (мг/л) | Захворювання, пов'язані з надмірною кількістю | Шляхи впливу |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|
| Миш'як | 0,01 | 5.0 | Рак шкіри, легень, сечового міхура, нирок, шкірні прояви, шлунково-кишкові розлади, неврологічні ефекти, гормональні порушення та безпліддя, псоріаз | Вдихання та проковтування |
| Кадмій | 0,005 | 0,003 | Психологічні розлади, шлунково-кишкові розлади, ускладнення центральної нервової системи, дефіцит імунної системи, порушення ДНК, рак, хвороба Ітай-Ітай, остеопороз, респіраторні захворювання | Вживання забрудненої їжі та води, а також, значною мірою, через вдихання та куріння сигарет |
| Хром | 0,1 | 0,05 | Виразки шлунково-кишкового тракту, нудота та блювання, лихоманка, діарея, токсичний нефрит, ураження печінки, гінгівіт, бронхіт, пневмонія, рак легень | Вдихання та проковтування |
| Залізо | 1.0 | 2.0 | Генетичне захворювання, геморагічний некроз | Ковтання |
| Свинець | 0,01 | 0,05 | Гіпертонія, викидні, передчасні пологи та пологи з низьким вмістом вагітності, порушення функції нирок, травми головного мозку, біль у животі | Вдихання через ніс та потрапляння всередину через питну воду та ґрунт |
| Меркурій | 0,006 | 0,001 | Синдром Дауна впливає на репродуктивну систему, має дефекти мовлення, втрату пам'яті, тремор та порушення координації м'язів, глухоту, ускладнення зору. | Вдихання, проковтування та контакт зі шкірою |
| Мідь | 2.0 | 0,25 | Безсоння, тривога, збудження, неспокій, втома, жовтяниця, запаморочення | Ковтання |

Неправильне використання стічних вод для зрошення робить їх небезпечними та екологічно небезпечними. Зрошення кількома різними типами стічних вод, тобто промисловими стічними водами, муніципальними та

сільськогосподарськими стічними водами, а також рідким осадом стічних вод, переносить важкі метали в ґрунт, що призводить до їх накопичення в сільськогосподарських культурах через неправильну практику. Це було визначено як значний шлях потрапляння важких металів у водні ресурси [7]. Дослідженнями встановлено, що концентрація важких металів (за винятком Cd) була вищою в ґрунті, зрошуваному очищеними стічними водами (великомасштабна очисна споруда), ніж у звичайних ґрунтових водах.

Іншими словами, зрошення стічними водами погіршує якість врожаю та підвищує ризики для здоров'я. Надмірна кількість міді викликає анемію, пошкодження печінки та нирок, блювоту, головний біль та нудоту у дітей. Вища концентрація миш'яку може призвести до раку кісток та нирок та призводить до остеопенії або остеопорозу. Кадмій спричиняє захворювання опорно-рухового апарату, тоді як ртуть безпосередньо впливає на нервову систему.

Поширення стійкості до антибіотиків

Наразі антибіотики широко використовуються для лікування захворювань людини; однак їх використання в птахівництві, тваринництві, біохімічній промисловості та сільському господарстві є поширеною практикою в наші дні. Широке використання та/або неправильне використання антибіотиків призвело до появи мультирезистентних бактерій, які несуть кілька генів резистентності. Ці мультирезистентні бактерії скидаються через каналізаційну мережу та збираються на очисних спорудах стічних вод. Таким чином, можна зробити висновок, що очисні споруди служать гарячою точкою антибіотикорезистентних бактерій (ARB) та генів антибіотикорезистентності (ARG). Хоча ці антибіотикорезистентні бактерії можуть поширюватися на різні види бактерій через мобільні генетичні елементи та горизонтальний перенос генів. Попередні дослідження показали, що деякі патогени можуть виживати у стічних водах навіть під час та після процесів очищення, включаючи метицилін-резистентний золотистий *стафілокок* (MRSA) та ванкоміцин-резистентні *ентерококи* (VRE). Використання очищених стічних вод для зрошення забезпечує сприятливі умови для росту та персистенції загальних

коліформних бактерій та фекальних колиформних бактерій. Крім того, лише деякі дослідження також повідомляли про наявність різних бактеріальних патогенів, таких як *кlostридії*, *сальмонели*, *стрептококи*, віруси, найпростіші та гельмінти, у посівах, що зрошуються очищеними стічними водами. Гольдштейн досліджував виживання блокаторів рецепторів ангіотензину II (БРА) у вторинно очищених стічних водах і довів, що вони створюють серйозні ризики для здоров'я людей, які контактують з очищеною водою. Центри з контролю та профілактики захворювань США (CDC) та Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) вже оголосили БРА безпосередньою загрозою для здоров'я людини. Згідно зі списком, опублікованим ВООЗ, щодо розробки нових антимікробних засобів, патогени були визначені як такі, що мають «пріоритетний статус», оскільки їхня поява в харчовому ланцюзі вважається потенційною та серйозною загрозою для здоров'я людини.

Ці патогени ESKAPE набули механізмів множинної лікарської стійкості до оксазолідинонів, ліпопептидів, макролідів, фторхінолонів, тетрациклінів, β -лактамів, комбінацій інгібіторів β -лактамаз і навіть тих антибіотиків, які вважаються останньою лінією захисту, включаючи карбапенеми та глікопептиди, за допомогою генетичних мутацій та мобільних генетичних елементів. Ці кластери патогенів ESKAPE в основному відповідають за летальні внутрішньолікарняні інфекції.

Через широке застосування антибіотиків у тваринництві та неефективну роботу очисних споруд, мультирезистентні бактерії, такі як тетрацикліни, сульфаніламід, β -лактамаз, аміноглікозиди, колістин та ванкоміцин, поширюються у водоймах-приймачах, що зрештою призводить до накопичення АРГ у зрошуваних культурах [8-11].

Токсичні забруднення стічних вод, що впливають на здоров'я людини
Скидання неочищених стічних вод у річку може мати серйозні наслідки для здоров'я. Вже обговорювалося питання побутових та міських стічних вод, які містять значну кількість органічних матеріалів та патогенних мікроорганізмів, і ці інфекційні мікроорганізми здатні поширювати різні захворювання, такі як

черевний тиф, дизентерія, діарея, блювота та порушення всмоктування [9]. Крім того, фармацевтична промисловість також відіграє ключову роль у регулюванні та скиданні біологічно токсичних агентів. Неочищені стічні води також містять групу забруднюючих речовин, токсичних для людини. Ці токсичні забруднення були класифіковані на дві основні групи: (i) хімічне забруднення та (ii) мікробне забруднення.

Хімічне забруднення

Здебільшого, різні типи хімічних сполук, що викидаються з промисловості, шкіряних заводів, майстерень, зрошуваних земель та побутових стічних вод, є причиною низки захворювань. Ці забруднювачі можуть бути органічними матеріалами, вуглеводнями, леткими сполуками, пестицидами та важкими металами. Вплив таких забруднювачів може спричинити інфекційні захворювання, такі як хронічні дерматози та рак шкіри, інфекції легень та подразнення очей. Більшість із них не є біорозкладними та не піддаються лікуванню. Тому вони можуть зберігатися у водоймах протягом дуже тривалого періоду та можуть легко накопичуватися в нашій системі харчового ланцюга. Існує кілька фармацевтичних засобів особистої гігієни (ЗІГ) та поверхнево-активних речовин, які можуть містити токсичні сполуки, такі як нонілфенол, естрон, естрадіол та етинілестрадіол. Ці сполуки є хімічними речовинами, що руйнують ендокринну функцію, і існування цих сполук в організмі людини навіть у слідових кількостях може бути дуже небезпечним. Крім того, у всьому світі було значно зареєстровано наявність перфторованих сполук (ПФС) у стічних водах, які є токсичними за своєю природою. Крім того, перфторовані фосфоліпіди (ПФК) спричиняють серйозні загрози для здоров'я, такі як прееклампсія, вроджені вади розвитку, зниження фертильності людини, імунотоксичність.

Мікробне забруднення

Дослідники повідомляли про серйозні ризики для здоров'я, пов'язані з мікробними забруднювачами в неочищених стічних водах. Різноманітні групи мікроорганізмів спричиняють серйозні наслідки для здоров'я, такі як

кампілобактеріоз, діарея, енцефаліт, черевний тиф, лямбліоз, гепатит А, поліомієліт, сальмонельоз та гастроентерит. Повідомлялося про деякі види бактерій, такі як *P. aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Vibrio cholerae*, *G. intestinales*, *Legionella spp.*, *E. coli*, *Shigella sonnei*, які поширюють хвороби, що передаються через воду, та гострі захворювання у людей. Ці вищезгадані мікроорганізми можуть потрапляти в навколишнє середовище з міської каналізаційної мережі, тваринницьких господарств або лікарень і потрапляти в харчовий ланцюг через системи громадського водопостачання.

Вплив стічних вод на сільське господарство

Сільськогосподарський сектор добре відомий як найбільший споживач води, на який припадає майже 70% світового споживання води. Той факт, що приблизно 20 мільйонів гектарів у світі зрошуються стічними водами, свідчить про наявність основного джерела для зрошення. Однак, більшість стічних вод, що використовуються для зрошення, є неочищеними. Здебільшого в країнах, що розвиваються, частково очищені або неочищені стічні води використовуються для зрошення. Неочищені стічні води часто містять широкий спектр хімічних забруднювачів зі сміттєзвалищ, хімічних відходів промислових скидів, важких металів, добрив, текстилю, шкіри, паперу, стічних вод, відходів харчової промисловості та пестицидів. Всесвітня організація охорони здоров'я попередила про значні наслідки для здоров'я через пряме використання стічних вод для зрошення. Ці забруднювачі становлять ризик для здоров'я громад (фермерів, сільськогосподарських працівників, їхніх сімей та споживачів сільськогосподарських культур, зрошуваних стічними водами), які проживають поблизу джерел стічних вод та територій, зрошуваних неочищеними стічними водами. Стічні води також містять широкий спектр органічних сполук. Деякі з них є токсичними або канцерогенними та мають шкідливий вплив на ембріон.

Як альтернатива, у країнах, що розвиваються, через обмежену доступність очисних споруд, неочищені стічні води скидаються в існуючі водойми. Безпосереднє використання стічних вод у сільському господарстві або для зрошення перешкоджає росту природних рослин і трав, що, своєю чергою,

призводить до втрати біорізноманіття. Одне з найперших свідчень, що пов'язують з повторним використанням сільськогосподарських стічних вод це виникнення захворювань. Застосування неочищених стічних вод для зрошення збільшує засоленість ґрунту, герметизацію земель, а потім накопичення натрію, що призводить до ерозії ґрунту. Підвищена засоленість ґрунту та накопичення натрію погіршують його стан та зменшують його проникність, що перешкоджає надходженню поживних речовин сільськогосподарськими культурами з ґрунту. Ці причини вважаються довгостроковим впливом повторного використання стічних вод у сільському господарстві Крім того, забруднені стічними водами ґрунти є основним джерелом кишкових паразитів (гельмінтів — нематод і стрічкових черв'яків), які передаються фекально-оральним шляхом. Вже відомо, що глистяні інфекції пов'язані з дефіцитом крові та поведінковим або когнітивним розвитком Одним з основних джерел глистяних інфекцій у всьому світі є використання сирих або частково очищених стічних вод та осаду для зрошення продовольчих культур Культури, що зрошуються стічними водами, містять забруднення важкими металами, які походять з гірничодобувної, ливарної та металургійної промисловості. Вплив важких металів, включаючи миш'як, кадмій, свинець та ртуть, на культури, що зрошуються стічними водами, є причиною різних проблем зі здоров'ям. Наприклад, споживання великої кількості кадмію викликає остеопороз у людей. Повідомлялося, що поглинання важких металів рисовою культурою, що зрошується неочищеними стічними водами з паперової фабрики, викликає серйозні проблеми зі здоров'ям. Зрошення рисових полів сильно забрудненою водою, що містить важкі метали, призводить до спалаху хвороби Ітай-Ітай у Японії.

Через ці поширені ризики для здоров'я, ВООЗ опублікувала третє видання своїх рекомендацій щодо безпечного використання стічних вод для зрошення сільськогосподарських культур та надала рекомендації щодо порогових рівнів забруднення у стічних водах. Якість стічних вод для повторного використання в сільському господарстві класифікується на основі наявності поживних речовин, мікроелементів, мікроорганізмів та рівнів забруднення хімічними речовинами.

Рівень забруднення значно відрізняється залежно від типу джерела: побутові стічні води, стічні води фармацевтичної, хімічної, паперової чи текстильної промисловості. Стандартні показники якості води для зрошення оприлюднені на міжнародному рівні, де рекомендовані рівні мікроелементів, металів, ХСК, БСК, азоту та фосфору встановлені на певних межах. Дослідники проаналізували стан повторного використання стічних вод у сільському господарстві, спираючись на стандарти та рекомендації щодо якості води. Виходячи з цих рекомендацій та рекомендацій, очевидно, що необхідна більша обізнаність щодо безпечного очищення стічних вод.

Методи очищення стічних вод

Первинне лікування

Цей початковий етап призначений для видалення грубих, зважених та плаваючих твердих речовин із неочищених стічних вод. Він включає просіювання для уловлювання твердих предметів та седиментацію під дією сили тяжіння для видалення зважених твердих речовин. Це фізичне розділення твердих/рідких речовин є механічним процесом, хоча іноді для прискорення процесу седиментації можуть використовуватися хімічні речовини. Цей етап очищення знижує БПК вхідних стічних вод на 20–30%, а загальний вміст зважених твердих речовин майже на 50–60%.

Вторинне (біологічне) очищення

Цей етап допомагає усунути розчинену органічну речовину, яка не пройшла первинне очищення. Мікроби споживають органічну речовину як їжу та перетворюють її на вуглекислий газ, воду та енергію для власного росту. Після біологічного процесу відбувається додаткове відстоювання для видалення більшої кількості зважених твердих речовин. Майже 85% зважених твердих речовин та біологічного споживання кисню (БСК) можна видалити за допомогою вторинного очищення. Цей процес також видаляє вуглецеві забруднювачі, які осідають у вторинному відстійнику, таким чином відокремлюючи біологічний мул від чистої води. Цей мул можна використовувати як косубстрат разом з іншими відходами на біогазовій установці для отримання біогазу, суміші CH_4

та CO₂. Він виробляє тепло та електроенергію для подальшого розподілу енергії. Залишок, чиста вода, потім обробляється для нітрифікації або денітрифікації для видалення вуглецю та азоту. Крім того, вода пропускається через відстійник для очищення хлором. На цьому етапі вода все ще може містити кілька видів мікробних, хімічних та металевих забруднень. Отже, щоб вода могла бути використана повторно, наприклад, для зрошення, її необхідно додатково фільтрувати, а потім потрапити в дезінфекційний бак. Тут для знезараження стічних вод використовується гіпохлорит натрію. Після цього процесу очищена вода вважається безпечною для використання в зрошувальних цілях. Тверді відходи, що утворюються під час первинної та вторинної очистки, додатково обробляються в резервуарі для згущення під дією сили тяжіння під постійною подачею повітря. Потім тверді відходи потрапляють у резервуар для зневоднення центрифугою, а потім у резервуар для стабілізації вапна. На цьому етапі отримують оброблені тверді відходи, які можна додатково переробляти для різних цілей, таких як захоронення на сміттєзвалищах, добрива та будівництво.

Окрім процесу очищення стічних вод активним мулом, розроблено та використовується кілька інших методів у повномасштабних реакторах, таких як ставки (аеробні, анаеробні, факультативні та дозрівання), крапельні фільтри, анаеробні обробки, такі як реактори з висхідним *анаеробним* мулом (UASB), штучні водно-болотні угіддя, мікробні паливні елементи та метаногенні реактори.

Третинні або поглиблені процеси очищення

Процес третинного очищення застосовується, коли певні складові, речовини або забруднювачі неможливо повністю видалити після процесу вторинного очищення. Таким чином, процеси третинного очищення забезпечують видалення майже 99% усіх домішок зі стічних вод. Щоб зробити очищену воду безпечною для пиття, її обробляють окремо або в поєднанні з передовими методами, такими як ультразвук (ультразвук), ультрафіолетове випромінювання (обробка ультрафіолетовим світлом) та кисень (вплив озону). Цей процес допомагає видалити бактерії та забруднення важкими металами, що

залишаються в очищеній воді. Для цього вторинно очищена вода спочатку проходить ультразвукову обробку, а потім піддається впливу ультрафіолетового світла та пропускається через озонову камеру для повного видалення забруднень. Можливі механізми, за допомогою яких клітини стають нежиттєздатними під час ультразвуку, включають атаку вільних радикалів та фізичне руйнування клітинних мембран. Комбінована обробка ультрафіолетовим випромінюванням + ультрафіолетовим випромінюванням + киснем утворює вільні радикали, які прикріплюються до клітинних мембран біологічних забруднювачів. Після пошкодження клітинної мембрани хімічні окислювачі можуть проникати в клітину та атакувати внутрішні структури. Таким чином, ультразвук окремо або в комбінації сприяє деагломерації мікроорганізмів та підвищує ефективність інших хімічних дезінфікуючих засобів. Комбінований метод очищення також розглядався та повідомлявся про дуже ефективний метод очищення текстильних стічних вод. Ефективність застосування ультразвуку як етапу попередньої обробки в поєднанні з ультрафіолетовими променями, або ж порівняння його з різними іншими комбінаціями ультразвуку та ультрафіолетового випромінювання з фотокаталізом TiO_2 для оптимізації процесу дезінфекції стічних вод.

Важливим аспектом очищення стічних вод є те, що на кожному етапі процесу очищення ми рекомендуємо вимірювати якість очищеної води. Після забезпечення дотримання належних стандартів очищення, очищену воду можна використовувати для зрошення, пиття або інших побутових потреб.

Нанотехнології як третинне очищення стічних вод, що перетворює воду на питну

Враховуючи нові тенденції нанотехнологій, нанопоповнювачі можуть бути використані як життєздатний метод третинного очищення стічних вод. Завдяки дуже малому розміру пор, нанопоповнювачі розміром 1–5 нм можуть усувати органічно-неорганічні забруднювачі, важкі метали, а також патогенні мікроорганізми та фармацевтично активні сполуки (ФАС). Протягом останніх років нанопоповнювачі широко використовуються в текстильній промисловості

для обробки целюлозно-паперової обробки, фармацевтичної промисловості, молочної промисловості, видалення мікробів та важких металів зі стічних вод. Srivastava et al. синтезували дуже ефективні та багаторазові фільтри для води з вуглецевих нанотрубок, які продемонстрували ефективне видалення бактеріальних патогенів (*E. coli* та *S. aureus*) та поліовірусу *sabin-1* зі стічних вод.

Нанofільтрація вимагає нижчого робочого тиску та меншого споживання енергії порівняно з зворотним осмосом (RO) та вищого ступеня затримки органічних сполук порівняно з ультрафільтрацією (UF). Тому її можна застосовувати для третинного очищення стічних вод. Окрім нанofільтрів, існують різні види наночастинок, такі як металеві наночастинок, наночастинок оксидів металів, вуглецеві нанотрубки, графенові нанолісти та наносорбенти на основі полімерів, які можуть відігравати різну роль в очищенні стічних вод залежно від їхніх властивостей. Kocabas et al. проаналізували потенціал різних наночастинок оксидів металів і зазначили, що нанопорошки TiO_2 , FeO_3 , ZnO_2 та NiO можуть демонструвати надмірне видалення арсенату зі стічних вод. Забруднення кадмієм у стічних водах, яке становить серйозну загрозу для здоров'я, можна подолати за допомогою наночастинок ZnO . Latterly, Vélez et al. досліджували, що 70% видалення ртуті зі стічних вод за допомогою наночастинок оксиду заліза було успішно виконано. Шіт та ін. використовували наночастинок оксиду графіту для видалення нікелю зі стічних вод. Надмірна кількість міді викликає цироз печінки, анемію, пошкодження печінки та нирок, які можна видалити за допомогою вуглецевих нанотрубок, діангідриду піромелітової кислоти (PMDA) та феніламінометилтриметоксисилану (PAMTMS).

Наноматеріали ефективно використовуються для мікробного очищення стічних вод. Вуглецеві нанотрубки (ВНТ) широко застосовуються для очищення стічних вод, забруднених кишковою паличкою, сальмонелою та широким спектром мікроорганізмів. Крім того, наночастинок срібла демонструють дуже ефективні результати проти мікроорганізмів, присутніх у стічних водах. Отже,

вони широко використовуються для видалення мікробів зі стічних вод. Крім того, ВНТ демонструють високу спорідненість зв'язування з бактеріальними клітинами та мають магнітні властивості. Melanta підтвердив та рекомендував застосовність ВНТ для видалення забруднення *кишковою паличкою* зі стічних вод. Mostafaii et al. припустили, що наночастинки ZnO можуть бути потенційним антибактеріальним агентом для видалення всіх колиформних бактерій з міських стічних вод. Окрім згаданої раніше застосовності нанотехнології, не можна нехтувати пов'язаними з нею недоліками та проблемами. Більшість наноінженерних методів наразі добре працюють або в дослідницькому, або в пілотному масштабі. Тим не менш, як обговорювалося вище, нанотехнології та наноматеріали демонструють виняткові властивості для видалення забруднюючих речовин та очищення води. Тому їх можна адаптувати як провідне рішення для очищення стічних вод та подальшого використання для питних потреб.

Очищення стічних вод за допомогою видів рослин

Деякі з природних рослин можуть бути потенційним джерелом для очищення стічних вод, оскільки вони видаляють забруднюючі речовини та домішки, використовуючи їх як джерело поживних речовин. Застосування видів рослин для очищення стічних вод може бути економічно ефективним, енергозберігаючим та забезпечує простоту експлуатації. Водночас, його можна використовувати *in situ*, де утворюються стічні води. Nizam et al. [10] проаналізували ефективність фітореMediaції п'яти видів рослин (*Centella asiatica*, *Ipomoea aquatica*, *Salvinia molesta*, *Eichhornia crassipes* та *Pistia stratiotes*) та досягли різкого зниження кількості трьох забруднюючих речовин, а саме: загального вмісту завислих речовин (TSS), аміачного азоту ($\text{NH}_3 \cdot \text{N}$) та рівня фосфатів. Усі п'ять видів виявилися ефективними у видаленні 63,9-98% $\text{NH}_3 \cdot \text{N}$, TSS та фосфатів. Coleman et al. досліджували фізіологічний вплив очищення побутових стічних вод трьома поширеними видами рослин Аппалачів: очеретом звичайним або м'яким (*Juncus effuses* L.), очеретом сірим (*Scirpus Validus* L.) та рогозом широколистим або очеретом (*Typha latifolia* L.). У своїх

експериментах вони спостерігали зниження загального вмісту зважених речовин (TSS) та біохімічного споживання кисню (BOD) приблизно на 70%, зниження рівня азоту, аміаку та фосфатів на 50-60%, а також значне зниження популяцій фекальних коліформних бактерій. Тоді як Zamora та ін. виявили, що ефективність видалення хімічного споживання кисню (COD), загального вмісту зважених речовин (TSS), азоту у вигляді амонію ($N-NH_4$) та нітратів ($N-NO_3$) і фосфату ($P-PO_4$) була на 20-60% вищою при використанні трьох декоративних видів рослин, а саме. *Канна індицька*, *циперус папірус* та *копійка коронарна*. Перелік різних видів рослин, що використовуються для очищення стічних вод, наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 Різні види рослин, що використовуються для очищення стічних вод, та їх вплив

| № | Види рослин | Загальна назва | Ефекти |
|----|---------------------------|--|--|
| 1. | <i>Juncus effusus</i> L. | Звичайний порив або м'який порив | Зниження БСК, ХСК, загальної кількості рідини, азоту, фосфатів та фекальних коліформних бактерій |
| 2. | <i>Scirpus validus</i> L. | Сірий клубний раші | |
| 3. | <i>Typha latifolia</i> L. | Широколистий рогозі або очерет | |
| 4. | Азолла каліфорнійська | Казковий мох | Зменшення каламутності БСК, ХСК та загальної кількості речовини |
| 5. | Оenanте яванська | Китайська селера, індійський пензлик, японська петрушка, | Впливає на розчинений кисень, рН та температуру, очищення стічних вод та поглинання поживних речовин |
| 6. | Гідрокотиль звичайний | болотний пензлик | Видалення загального азоту та азоту NH_4 |
| 7. | Іпомея водна | Болотний ранок або водяний шпинат | |
| 8. | Ейхорнія журавлина | Водяний гіацинт | Зменшення вмісту аміаку, нітратів, БПК, ХСК, загальної кількості твердих речовин, каламутності та важких металів |

Очищення стічних вод за допомогою мікроорганізмів

Існує різноманітна група бактерій, така як *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* та різні штами *Bacillus*, які здатні використовуватися в біологічних системах очищення стічних вод. Ці бактерії працюють у кластерних формах у вигляді флокул, біоплівки або гранул під час очищення стічних вод. Крім того, після визнання бактеріальних екзополісахаридів (EPS) ефективним адсорбційним матеріалом, їх можна

революційно застосовувати для видалення важких металів. Є кілька прикладів EPS, які є комерційно доступними, наприклад, альгінат (*P. aeruginosa*, *Azotobacter vinelandii*), геллан (*Sphingomonas paucimobilis*), гіалуронан (*P. aeruginosa*, *Pasteurella multocida*, *Streptococci attenuated штамми*), ксантан (*Xanthomonas campestris*), та галактопол (*Pseudomonas oleovorans*). Аналогічно, Hesnawi et al. експериментували з біорозкладом міських стічних вод за допомогою місцевих та комерційних бактерій (Sludge Hammer), де вони досягли значного зменшення кількості синтетичних стічних вод, тобто на 70%, 54%, 52%, 42% для Sludge Hammer, *B. subtilis*, *B. laterosporus* та *P. aeruginosa* відповідно. Отже, на основі вищезазначених досліджень можна зробити висновок, що біоаугментація реактора очищення стічних вод селективними та змішаними штамами може покращити очищення. Протягом останніх років мікроводорості привернули увагу дослідників як альтернативна система завдяки своїй застосовності в очищенні стічних вод. Водорості - це одноклітинні або багатоклітинні фотосинтезуючі мікроорганізми, які ростуть на поверхні води, у солоній воді або вологому ґрунті. Вони використовують надмірну кількість поживних речовин, таких як азот, фосфор і вуглець, для свого росту та метаболізму через свою анаеробну систему. Ця властивість водоростей також пригнічує евтрофікацію, тобто запобігає надмірному відкладенню поживних речовин у водоймах. Під час процесу перетравлення поживних речовин водорості виробляють кисень, який є корисним для гетеротрофних аеробних бактерій, які потім можуть бути використані для розкладання органічних та неорганічних забруднювачів. Кім та ін. спостерігали загальне зниження рівнів ХСК (86%), загального азоту (93%) та загального фосфору (83%) після використання водоростей у консорціумі з очищення муніципальних стічних вод. Нмая та ін. повідомили про ефективність видалення важких металів мікроводоростями *Scenedesmus*.sp. із забрудненої річкової води в річці Мелака, Малайзія. Вони спостерігали ефективне видалення Zn (97-99%) на 3-й та 7-й день експерименту. Список мікроорганізмів, що використовувалися для очищення стічних вод, представлено в таблиці 1.4.

Сфера застосування зрошення сільськогосподарських культур

Кілька досліджень оцінили вплив повторного використання перероблених/очищених стічних вод в основних секторах. Це сільське господарство, ландшафти, громадські парки, зрошення полів для гольфу, охолоджувальна вода для електростанцій та нафтопереробних заводів, технологічна вода для млинів, заводів, змив туалетів, боротьба з пилом, будівельна діяльність, змішування бетону та штучні озера (Таблиця 1.5).

Таблиця 1.4 - Мікроорганізми, що застосовуються для очищення стічних вод

| № | Види | Ефекти |
|-----------|--|--|
| Водорості | | |
| 1. | Сценедесмус (<i>Scenedesmus</i> sp.) | Видалення важких металів (Zn) зі стічних вод |
| 2. | Сценедесмус рясний | Видалення Cd та Cu, детоксикація ціанідів зі стічних вод. |
| 3. | <i>Botryococcus braunii</i> | Видалення азоту, фосфору та інших неорганічних сполук із промислових стічних вод |
| 4. | Дуналієлла салінна | Видаляє Cu, Cd, Co та Zn із забрудненої води, застосовується для очищення гіперсолоних стічних вод |
| 5. | Саргасум мутікум | Видаляє барвник метиленовий синій зі стічних вод. |
| 6. | Хлорела (вид.) | Видалення свинцю (II), N, P та детоксикація ціанідів зі стічних вод |
| Гриби | | |
| 1. | Б'єркандера адуста MUT 2295, | Ефективний для знебарвлення та детоксикації стічних вод |
| 2. | <i>Phanerochaete chrysosporium</i> (гриби білої гнилі) | Розкладають кілька ароматичних сполук |
| 3. | Траметес різнокольоровий | Знебарвлення стічних вод, видалення гумінових кислот з промислових стічних вод |
| 4. | <i>Rhizopus arrhizus</i> | Біосорбція важких металів |
| 5. | <i>Fusarium flocciferum</i> | Поглинання Ni(II) та Cd(II) зі стічних вод |
| 6. | Пеніциліум хризогенум | Поглинання Cd(II) зі стічних вод |
| Бактерії | | |
| 1. | Штам <i>Sphingomonas</i> sp. BN6 | Розкладає нафталін-2-сульфонат (будівельний блок азобарвників), присутній у забрудненій воді |
| 2. | <i>Paenibacillus azoreducens</i> | Видалення кольору зі стічних вод з ефективністю 98% |
| 3. | <i>Pseudomonas luteola</i> | Знебарвлення стічних вод |
| 4. | <i>Bacillus subtilis</i> | Зменшення вмісту загального вуглецю (ТОВ) |
| 5. | <i>Bacillus laterosponus</i> | |
| 6. | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | |
| 7. | Метилібактерії органофілум | Видалення Cu та Pb зі стічних вод |
| 8. | Гермінімонас арсеноксиданс | Поглинання миш'яку стічними водами |

Хоча очищені стічні води після вторинного очищення є достатніми для повторного використання, оскільки рівень важких металів у стічних водах подібний до рівня в природі, були знайдені експериментальні докази та оцінено вплив зрошення очищеними стічними водами на родючість ґрунту та хімічні характеристики, де було зроблено висновок, що вторинно очищені стічні води

можуть покращити параметри родючості ґрунту. Недавнє дослідження показує, що очищена вода пройшла контроль якості, придатний для зрошення сільськогосподарських культур.

Таблиця 1.5. - Застосування, методи та проблеми зі здоров'ям, пов'язані з очищеними або неочищеними стічними водами для зрошення

| Підхід | Експериментальні деталі | Результати та зауваження |
|--|---|--|
| Підземні води, вторинні (ВВ) та третинні стічні води (ТВ) | Помідори та броколі зрошували очищеними стічними водами агропромислового виробництва | Жодного суттєвого впливу ні на товарну врожайність, ні на якісні характеристики посівів томатів та броколі. Очищені стічні води виявилися більш ефективними для зрошення та подолання дефіциту води в сільському господарстві. |
| Поверхневі води, підземні води та стічні води | Зразки води були проаналізовані на наявність кишкової палички методом найбільш ймовірної кількості. | Захворюваність на діарею в зоні ґрунтових вод становила 7,92 епізоду/1000 людино-тижнів, тоді як у групі стічних вод та поверхневих вод захворюваність становила 13,1 та 13,4 епізоду/1000 людино-тижнів. Середній ефект очищення якості стічних вод становив 2,73. |
| Імітація цукрових стічних вод (виготовлених у лабораторії) | Обробляли за допомогою електрохімічного реактора періодичної дії, де щільність струму змінювалася від 1 до 5 А/дм ² | Відсоток видалення ХСК становив 80,74% при 5 А/дм ² (щільність струму) та концентрації електроліту 5 г/л |
| Неочищені стічні води з очисних споруд | Було проаналізовано концентрації Zn, Cu, Pb та Cd у зразках зрошувальної води, ґрунту та овочів, а також коефіцієнт переходу з ґрунтів до рослин (TF). Також було розраховано індекс ризику для здоров'я. | Зрошуваний ґрунт був забруднений, а тенденція концентрацій важких металів була такою: Zn > Pb > Cu > Cd. Індекс ризику для здоров'я був >1 для Cd та Pb. Дослідження вказує на потенційний ризик для здоров'я людей та тварин. |
| Очисні споруди/очищені стічні води | Були розраховані індекси забруднення (PLI), коефіцієнт збагачення (EF) та коефіцієнт забруднення (CF) металів | Концентрації Ni, Pb, Cd та Cr у істивних частинах перевищували безпечну межу у 90%, 28%, 83% та 63% зразків відповідно. Індекс ризику для здоров'я (HRI) був >1, що вказує на потенційний ризик для здоров'я та свідчить про те, що зрошення стічними водами не є безпечним для здоров'я людини. |
| Стічні води з нерафінованого цукрового очерету | Стічні води, очищені за допомогою UMAS (10 кгц, 7 днів інкубації) та мембранної анаеробної системи | Завдяки використанню UAMS було досягнуто понад 90% (>90%) ефективності видалення (БСК, ХСК та загальної кількості залишків води) та зменшення зниження потоку. |
| Стічні води з нерафінованого цукрового очерету | Стічні води, очищені ультразвуковою мембранною анаеробною системою (UMAS), 25 кгц після 28 днів експерименту | Через 28 днів ефективність видалення ХСК становила 97%, а склад метану досяг майже 79%. Ефективність видалення щільних розчинів та нещільних розчинів також досягла 99%. |
| Муніципальні стічні води (МСТ) | Ультразвукова обробка при частоті 20 кгц протягом 15, 30 та 45 хв | Використовували високу щільність бактерій, відсоток інактивації >99% був досягнутий через 45 хвилин. |

Таким чином, вище розглянуті екологічні проблеми та проблеми громадського здоров'я, пов'язані з використанням неочищених стічних вод у

сільському господарстві. Враховуючи гостру потребу в цілісних підходах до вирощування, запропоновані ідеї для вирішення проблем, пов'язаних з очищенням стічних вод та потенціалом повторного використання очищеної води. Водні ресурси знаходяться під загрозою через зростання населення. Зростаюче виробництво стічних вод (муніципальних, промислових та сільськогосподарських) у країнах, що розвиваються, особливо в Індії та інших азійських країнах, має потенціал служити альтернативою прісноводним ресурсам для повторного використання в рисовому сільському господарстві, забезпечуючи відповідне очищення та вживаючи заходів розподілу. Очищення стічних вод є однією з найбільших проблем для багатьох країн, оскільки зростання рівня небажаних або невідомих забруднювачів дуже шкідливе для здоров'я, а також для навколишнього середовища. Очищення стічних вод включає дуже традиційні методи з дотриманням процедур первинного, вторинного та третинного очищення, але впровадження передових методів завжди дає нам велику можливість забезпечити хорошу якість води. Пропонуємо комбіновані методи очищення стічних вод, де концепція запропонованої моделі працює з різними типами стічних вод. Запропонована модель корисна не тільки для очищення стічних вод, але й для використання твердих відходів як добрив. Відповідний метод очищення стічних вод та їх подальшого використання для питної води є основним футуристичним результатом. Також настійно рекомендується дотримуватися стандартних методів та доступних рекомендацій, наданих ВООЗ.

Криза прісних вод є однією з зростаючих проблем у двадцять першому столітті. Використання очищених стічних вод (промислових або муніципальних стічних вод, або морської води) для зрошення має краще майбутнє для задоволення потреб у воді. Наразі в країнах, що розвиваються, фермери використовують стічні води безпосередньо для зрошення, що може спричинити низку проблем зі здоров'ям як фермерів, так і споживачів (сільськогосподарських культур або овочів). Тому дуже важливо впроваджувати стандартні та передові методи очищення стічних вод. Необхідна місцева оцінка впливу зрошення

стічними водами на навколишнє середовище та здоров'я, оскільки більшість розвинених країн та країн, що розвиваються, не використовують належних рекомендацій. Тому вкрай необхідно встановити конкретну політику та практику для заохочення безпечного повторного використання води, щоб скористатися всіма її потенційними перевагами в сільському господарстві та для фермерів.

1.2. Центрифуга для очищення стічних вод: підвищення ефективності відділення осаду



Рисунок 1.2 – Центрифуги для очищенні стічних вод

Центрифуги відіграють життєво важливу роль у сучасному очищенні стічних вод (рис. 1.2). Ці машини використовують обертову силу для відділення твердих речовин від рідин, що робить їх ключовим інструментом в очищенні води. Центрифуги можуть видаляти до 99% твердих частинок зі стічних вод, значно покращуючи їх якість.

Багато міст і промислових підприємств використовують центрифуги на своїх очисних спорудах. Машини обертають стічні води з високою швидкістю. Це змушує важчі тверді речовини потрапляти до зовнішніх країв, де їх можна зібрати. Чистіша вода залишається в центрі та йде на подальше очищення.

Центрифуги допомагають зробити очищення стічних вод ефективнішим. Вони займають менше місця, ніж інші методи, і працюють швидко. Це економить час і гроші для очисних споруд. Це також допомагає захистити навколишнє середовище, виробляючи чистішу воду.

Роль центрифуг в очищенні води

Центрифуги – це важливі машини на очисних спорудах стічних вод. Вони обертають воду з високою швидкістю, щоб відокремити тверді речовини від рідин. Цей процес називається центрифугуванням.

Вони працюють за допомогою відцентрової сили. Ця сила виштовхує важчі матеріали назовні, тоді як легша вода рухається до центру.

Центрифуги допомагають зробити воду чистішою та безпечнішою. Їх часто використовують після інших етапів очищення для подальшого очищення води.

Типи стічних вод, що очищуються центрифугами

Центрифуги можуть очищувати багато типів стічних вод. Вони корисні як для промислового, так і для муніципального очищення води.

Поширені типи стічних вод, що очищаються центрифугами, включають:

- Каналізація
- Промислові стічні води
- Зливові води

Центрифуги особливо добре підходять для обробки:

- Нафтоносна вода з заводів
- Стічні води з високим вмістом твердих речовин
- Рідкі відходи з харчово-переробних заводів

Вони можуть справлятися з різними рівнями забруднення. Це робить їх універсальними інструментами в системах очищення води.

Технологія центрифугування в управлінні стічними водами

Центрифужна технологія відіграє вирішальну роль у сучасному очищенні стічних вод. Вона забезпечує ефективне розділення твердих і рідких речовин і допомагає швидко обробляти великі обсяги стічних вод.

Принципи відцентрового розділення

Відцентрове розділення в очищенні стічних вод залежить від різниці в густині між твердими та рідкими речовинами. Коли центрифуга обертається, вона створює сильну відцентрову силу. Ця сила виштовхує щільніші матеріали назовні, тоді як легші речовини рухаються всередину.

Процес ефективно розділяє :

- Зважені тверді речовини
- Олії та жири
- Біологічний мул

Рішення для стічних вод із стрічковими грохотами: ефективні методи тонкого грохочення

Стрічкові решітки (рис.1.3) необхідні для видалення сміття зі стічних вод та захисту процесів, що йдуть далі. Їхня конструкція забезпечує високу ефективність фільтрації твердих частинок, підвищуючи загальну ефективність очищення. Стрічкові фільтри адаптовані до суворих екологічних стандартів, зменшуючи екологічний слід скидання стічних вод.



Рисунок 1.3 – Фотографія стрічкових решіток для очищення стічних вод

У сфері очищення стічних вод використання стрічкових решіток відіграє вирішальну роль на початкових етапах процесу очищення. Стрічкові решітки – це обладнання для дрібного просіювання, яке ефективно видаляє сміття та тверді відходи з потоку стічних вод. Вони складаються з серії панелей або стрічок, що утворюють безперервну петлю, яка затримує та піднімає відходи з води. Ці решітки захищають чутливі компоненти нижче за течією, такі як насоси, клапани та системи біологічного очищення, від потенційних пошкоджень та засмічень, спричинених небажаними твердими речовинами.

Ці просіювальні пристрої працюють, пропускаючи воду через свою дрібну сітку, затримуючи тверді частинки. Порівняно з іншими методами просіювання, стрічкові решіткові фільтри мають перевагу більшої площі поверхні для фільтрації, що призводить до вищої ефективності та кращого управління потоком. Зазвичай встановлюються в головних частинах очисних споруд, конструкція та функціональність стрічкових решіткових фільтрів можуть значно відрізнятися, щоб враховувати різні типи стічних вод та швидкість потоку. Більше того, зі зростанням екологічних норм, стрічкові решіткові фільтри еволюціонували, щоб відповідати суворішим стандартам, тим самим відіграючи певну роль у пом'якшенні впливу стічних вод на навколишнє середовище.

Високоєфективне центрифужне обладнання

Сучасні очисні споруди використовують вдосконалені конструкції центрифуг. Ці машини забезпечують підвищену ефективність розділення та знижене споживання енергії.

Ключові характеристики високоєфективних центрифуг включають:

1. Приводи зі змінною швидкістю
2. Автоматизоване керування
3. Механізми самоочищення

Промислові центрифуги бувають різних типів. Декантерні центрифуги поширені в системах очищення стічних вод. Вони забезпечують безперервну роботу та можуть обробляти великі об'єми.

Кошикові центрифуги пропонують пакетну обробку для операцій меншого масштабу. Вони корисні для спеціалізованих потреб обробки.

Останні досягнення зосереджені на:

- Зменшенні зносу
- Підвищенні енергоефективності
- Підвищенні точності розділення

Ці вдосконалення роблять центрифуги більш економічно ефективними та надійними для очисних споруд.

Конструкція та експлуатація центрифуги

Центрифуги відіграють вирішальну роль в очищенні стічних вод. Їхня конструкція та експлуатація є ключем до ефективного розділення твердих і рідких речовин. Давайте розглянемо основні компоненти та експлуатаційні фактори, які роблять центрифуги ефективними в управлінні стічними водами.

Компоненти та механіка

Серцем центрифуги є її обертова чаша. Ця чаша обертається з високою швидкістю, створюючи відцентрову силу. Усередині набір конічних дисків допомагає відокремлювати тверді речовини від рідин.

Дискові центрифуги можуть мати понад 100 дисків. Ці диски зменшують відстань, яку проходять частинки під час розділення. Діаметр чаші зазвичай коливається від 102 до 762 мм.

Ключові компоненти включають:

- Вхід для подачі
- Обертова чаша
- Конічний стек дисків
- Колектор твердих речовин
- Випуск рідини

Сировина надходить через центр чаші. Під час обертання тверді речовини рухаються назовні, тоді як освітлена рідина виходить через верхню частину.

Експлуатаційні параметри

Правильна експлуатація забезпечує ефективне очищення стічних вод. Центрифуги можуть створювати сили, що до 14 000 разів перевищують силу тяжіння. Ця інтенсивна сила відокремлює навіть найдрібніші частинки від рідин. Важливі експлуатаційні фактори включають:

- Швидкість обертання
- Швидкість подачі
- Концентрація твердих речовин
- Температура

Оператори повинні збалансувати ці фактори для оптимальної продуктивності. Занадто висока швидкість подачі може перевантажити центрифугу. Занадто низька швидкість може неефективно розділяти тверді речовини.

Безпека є надзвичайно важливою під час роботи центрифуг. Належне утримання запобігає розливам та утворенню аерозолів. Деякі центрифуги для додаткової безпеки потрібно використовувати у витяжних шафах. Регулярне технічне обслуговування забезпечує безперебійну роботу центрифуг. Це включає очищення, змащування рухомих частин та перевірку на знос.

Зневоднення та обробка осаду

Зневоднення та обробка осаду є ключовими етапами очищення стічних вод. Ці процеси зменшують об'єм осаду та полегшують його управління. Належні методи допомагають мінімізувати вплив на навколишнє середовище та витрати. Центрифуги ефективні для зневоднення осаду . Вони обертають осаду з високою швидкістю, щоб відокремити тверді речовини від рідин. Цей процес може зменшити об'єм осаду до 90%.

Інші методи зневоднення включають:

- Стрічкові фільтр-преси
- Гвинтові преси
- Вакуумні фільтри

Кожен метод має свої переваги та недоліки. Центрифуги добре підходять для великих установок. Стрічкові преси підходять для менших підприємств. Вибір залежить від типу осаду, розміру установки та бюджету.

Полімерні добавки часто підвищують ефективність зневоднення. Вони допомагають злипати тверді речовини. Це робить розділення легшим та швидшим.

Поводження та утилізація шламу

Після зневоднення шлам потребує належного поводження. Безпека є надзвичайно важливою. Працівники повинні використовувати захисне спорядження під час переміщення шламу.

Поширені методи утилізації включають:

1. Звалище
2. Спалювання
3. Внесення в землю як добриво

Перед утилізацією може відбуватися перетравлення осаду . Це розщеплює органічні речовини. Це зменшує запахи та кількість патогенів.

Деякі заводи переробляють мул. Вони перетворюють його на біоматеріали для сільського господарства. Такий підхід економить місце на звалищах. Він також повертає поживні речовини в ґрунт. Правильне управління мулом є життєво важливим. Воно захищає здоров'я населення та довкілля. Належні практики також допомагають очисним спорудам працювати ефективно.

Промислове застосування центрифуг

Центрифуги відіграють вирішальну роль в промисловому очищенні води . Вони швидко та ефективно відокремлюють тверді речовини від рідин, що робить їх ідеальними для обробки великих обсягів стічних вод.

Центрифуги в промисловій обробці води

Промислові центрифуги використовуються для видалення зважених твердих частинок зі стічних вод. Вони обертаються з високою швидкістю, створюючи сильну відцентрову силу, яка розділяє частинки залежно від їхньої щільності.

На очисних спорудах стічних вод центрифуги допомагають зневоднювати осаду. Цей процес зменшує об'єм відходів та полегшує їх обробку та утилізацію. Центрифуги також очищують рідини, видаляючи дрібні частинки. Це важливо в таких галузях промисловості, як виробництво харчових продуктів та напоїв, де потрібні прозорі рідини.

Тематичні дослідження та ефективність

Дослідження міської очисної станції стічних вод показало, що центрифуги зменшили об'єм осаду на 80%. Це призвело до значної економії коштів на утилізацію відходів.

На харчовому заводі центрифуги видалили 99% зважених твердих речовин зі стічних вод. Це дозволило повторно використовувати воду у виробничому процесі, зменшивши загальне споживання води.

Центрифуги довели свою ефективність в очищенні нафтовмісних стічних вод нафтопереробних заводів. Вони можуть відокремлювати краплі нафти розміром до 2 мікронів, що відповідає суворим екологічним нормам.

Вплив на навколишнє середовище

Центрифуги відіграють ключову роль в очищенні стічних вод і можуть допомогти зменшити шкоду для навколишнього середовища. Вони підтримують зусилля щодо сталого розвитку та допомагають підприємствам дотримуватися нормативних вимог.

Скорочення відходів та цілі сталого розвитку

Центрифуги відокремлюють тверді речовини від стічних вод, зменшуючи загальний об'єм відходів. Це означає, що менше осаду потрапляє на звалища. Витягнуті тверді речовини можна повторно використовувати як добрива або паливо.

Центрифуги споживають менше енергії, ніж інші методи зневоднення. Це зменшує викиди парникових газів очисними спорудами. Машини також займають менше місця, зменшуючи займану ними площу.

Удосконалені центрифуги збирають більше води для повторного використання. Це зберігає прісноводні ресурси. Також зменшує кількість хімікатів, необхідних для очищення.

Дотримання екологічних норм

Центрифуги допомагають очисним спорудам дотримуватися суворих норм скидів. Вони видаляють більше забруднюючих речовин, створюючи чистіші стічні води.

Машини можуть обробляти різні обсяги відходів. Така гнучкість допомагає заводам залишатися відповідними вимогам навіть за змін якості сировини. Центрифуги також зменшують запахи та шум, що відповідає місцевим екологічним нормам.

Сучасні центрифужні системи мають вбудований моніторинг. Це забезпечує стабільну роботу та швидке виявлення проблем. Це допомагає підприємствам уникати штрафів за недотримання вимог.

Центрифуги підтримують зусилля з переробки води. Це відповідає нормам, що сприяють збереженню та повторному використанню води.

1.3. Технічне обслуговування та ремонт центрифуг

Центрифуги потребують регулярного технічного обслуговування, щоб запобігти поломкам та подовжити термін їхньої служби. Перевірки повинні бути зосереджені на зношуваних деталях, таких як підшипники, ущільнення та конвеєри. Особливу увагу слід приділяти чаші центрифуги яку необхідно регулярно перевіряти на наявність дисбалансу та очищати, щоб запобігти накопиченню осаду, що може призвести до погіршення продуктивності. Впровадження послідовного графіка технічного обслуговування може допомогти виявити проблеми, перш ніж вони переростуть у дорогий ремонт.

Оптимізація процесів

Оптимізація процесу центрифугування включає точне налаштування швидкості подачі, швидкості барабана та диференціальної швидкості для підвищення ефективності розділення. Слід ретельно контролювати якість відокремлених твердих речовин та прозорість центральної частини або стічних вод. Для коригування робочих параметрів центрифуги в режимі реального часу можна впровадити *автоматизовані системи керування*, адаптуючись до змінних характеристик вхідних стічних вод.

Енергоефективність

Споживання енергії є значною статтею експлуатаційних витрат для центрифуг у системах очищення стічних вод. Стратегії підвищення енергоефективності включають інвестування в новіші, ефективніші моделі, які споживають менше енергії, та оптимізацію фази використання для зменшення загального споживання енергії. Наприклад, використання *частотно-регульованих приводів* (ЧРП) дозволяє регулювати швидкість двигуна залежно від потреб процесу, тим самим економлячи енергію, коли не потрібна повна швидкість.

Важливість технічного обслуговування центрифуги

Технічне обслуговування є критично важливим для безперебійної та надійної роботи вашої центрифуги. Регулярне технічне обслуговування допомагає виявити потенційні проблеми до того, як вони перетворяться на серйозні, зменшує ймовірність виходу обладнання з ладу та збільшує термін служби вашої центрифуги. Крім того, належне технічне обслуговування може зменшити час простою та витрати на ремонт, забезпечуючи безперебійну та ефективну роботу вашого об'єкта.

Типи центрифуг

У промисловості використовуються різні типи центрифуг, зокрема:

Відцентровий сепаратор використовує відцентрову силу для розділення речовин на основі їхньої густини. Він зазвичай використовується в нафтогазовій, хімічній та харчовій промисловості для відділення рідин від твердих речовин або для розділення двох незмішуваних рідин.

Декантерна центрифуга використовується для розділення твердих і рідких речовин, зокрема для зневоднення шламів, промислових стічних вод та міських стічних вод. Вона широко використовується в хімічній, харчовій та очисній промисловості.

Самовсмоктувальні відцентрові насоси зазвичай використовуються в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості для перекачування рідин із твердими речовинами.

Переваги ефективного усунення несправностей

Ефективне усунення несправностей може виявити проблеми на ранній стадії та запобігти виходу з ладу обладнання. Швидко виявляючи та усуваючи проблеми, ви можете мінімізувати час простою, зменшити витрати на ремонт та продовжити термін служби вашої центрифуги.

Основні компоненти центрифуг

Центрифуга складається з різних компонентів, які працюють разом для розділення речовин на основі їхньої густини. Ключові компоненти центрифуги включають:

Ротор – це обертова частина центрифуги, яка утримує зразок. Важливо забезпечити балансування та надійне кріплення ротора до центрифуги, щоб запобігти пошкодженню та забезпечити безперебійну роботу.

Мотори – двигун відповідає за обертання ротора з високою швидкістю. Важливо переконатися, що двигун працює правильно та що немає проблем із джерелом живлення, проводкою чи регулюванням швидкості.

Регулятор швидкості регулює швидкість центрифуги. Важливо переконатися, що регулятор швидкості функціонує правильно, а центрифуга працює на правильній швидкості, щоб забезпечити оптимальне розділення.

Пробірки та тримачі утримують зразок у центрифугі. Важливо переконатися, що пробірки та тримачі мають правильний розмір для ротора та надійно закріплені, щоб запобігти пошкодженню та забезпечити належне розділення.

Функції безпеки. Центрифуги мають різні засоби безпеки, включаючи блокування, кришки та кнопки аварійної зупинки, для запобігання нещасним випадкам та забезпечення безпеки оператора. Важливо забезпечити правильне функціонування цих засобів безпеки та навчити операторів їх використовувати.

Найпоширеніші проблеми із центрифугами

Незважаючи на регулярне технічне обслуговування, центрифуги можуть мати проблеми, які впливають на їхню продуктивність та надійність. Найпоширеніших проблеми:

Вібрація центрифуги

Вібрація може виникати через незбалансований ротор, зношені підшипники або неправильно вирівняний двигун. Це може призвести до пошкодження центрифуги та вплинути на ефективність розділення.

Перегрів центрифуги

Перегрів може статися через несправний двигун, заблоковані вентиляційні отвори або засмічений фільтр. Це може призвести до пошкодження центрифуги та вплинути на ефективність розділення.

Центрифуга не досягає повної швидкості

Це може статися через несправний двигун, регулятор швидкості або джерело живлення. Це може вплинути на ефективність розділення та перешкодити належному розділенню.

Витік з центрифуги

Витік може виникати через пошкоджені або зношені ущільнення, прокладки чи трубки. Це може спричинити забруднення та вплинути на ефективність розділення.

Центрифуга не балансується належним чином

Незбалансовані ротори можуть спричинити вібрацію та впливати на ефективність розділення. Це може статися через нерівномірний зразок або несправні пробірки та тримачі.

Центрифуга не розділяє належним чином

Неправильне розділення може статися через неправильний розмір ротора або трубки, неправильну швидкість або несправний двигун чи регулятор швидкості.

Двигун центрифуги не запускається

Це може статися через несправний двигун, блок живлення або проводку. Це може перешкодити роботі центрифуги та вплинути на ефективність розділення.

Шум центрифуги

Шум може виникати через несправний двигун, підшипники або зношені компоненти. Він може вплинути на комфорт оператора та свідчити про потенційне пошкодження центрифуги.

Проблеми з електрикою центрифуги

Проблеми з електропроводкою можуть виникати через несправну проводку, блок живлення або елементи керування. Це може перешкодити роботі центрифуги та впливати на ефективність розділення.

Центрифуга не вимикається

Це може статися через несправність системи керування або проводки. Це може призвести до пошкодження центрифуги та вплинути на безпеку оператора.

Заміна несправних деталей

Якщо деталь несправна або пошкоджена, її може знадобитися замінити. До поширених деталей, які можуть потребувати заміни, належать двигун, ротор, трубки та тримачі. Дотримуйтеся інструкцій виробника щодо запасних частин та встановлення.

Таким чином, усунення несправностей та ремонт центрифуг вимагає систематичного та обґрунтованого підходу. Ключові компоненти центрифуги необхідно розуміти, а також дотримуватися протоколів безпеки перед початком будь-якого усунення несправностей. Блок живлення, вузол центрифуги, двигун, регулятор швидкості та центрифуга повинні бути перевірені та протестовані для виявлення будь-яких проблем. Після виявлення ремонт може включати заміну несправних деталей, усунення проблем з проводкою або очищення та змащення

компонентів. Регулярне технічне обслуговування, правильне використання та навчання операторів можуть запобігти багатьом поширеним проблемам та забезпечити оптимальну продуктивність і надійність. Дотримання цих найкращих практик може допомогти забезпечити довговічність вашої центрифуги та запобігти дороговартісному простою.

1.4. Висновки по розділу

1. Очищення стічних вод є однією з найбільших проблем для багатьох країн, оскільки зростання рівня небажаних або невідомих забруднювачів дуже шкідливе для здоров'я, а також для навколишнього середовища. Очищені стічні води мають ширше застосування, таке як зрошення, поповнення ґрунтових вод тощо.

2. Центрифуги відіграють життєво важливу роль у сучасному очищенні стічних вод. Ці машини використовують обертову силу для відділення твердих речовин від рідин, що робить їх ключовим інструментом в очищенні води. Центрифуги можуть видаляти до 99% твердих частинок зі стічних вод, значно покращуючи їх якість.

3. Аналіз найпоширеніших проблеми із центрифугами показав, що найчастіше вони пов'язані з підшипниками кочення або зношенням посадкових поверхонь роторів - підшипникових шийок (ПШ).

1.5. Мета роботи та задачі досліджень

Метою роботи є підвищення працездатності центрифуги, за рахунок зміцнення посадочних поверхонь кулькових підшипників, методом електроіскрового легування (ЕІЛ) з наступною безабразивною ультразвуковою фінішною обробкою (БУФО).

Задачі дослідження:

1. Провести аналіз посадочних поверхонь кулькових підшипників центрифуг.
2. Проаналізувати сучасні екологічно безпечні методи зміцнення поверхневих шарів деталей типу тіл обертання.
3. Розробити методику досліджень формування зносостійких покриттів і порівняльних досліджень.
4. Провести порівняльні дослідження.

РОЗДІЛ 2**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ
ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ****2.1. Аналіз причин зношування ПШ валів роторів центрифуг**

Знос підшипників визначається як погіршення стану підшипників, що може проявлятися збільшенням тертя, підвищеною температурою, аномальним шумом під час роботи та змінами руху валу двигуна. Його можна оцінити за допомогою таких методів, як вимірювання температури та оцінка щупом для виявлення надмірного зазору між ротором і статором [12-15].

Перевірка зносу підшипників

Зношені підшипники зазвичай сигналізують про свій стан шумом, який вони видають під час роботи двигуна.

Потрібно прислухатись до них під час роботи.

Оскільки зношені підшипники збільшують тертя між валом та собою, температура підвищиться вище нормального рівня. Хоча в минулому відчуття «гарячих підшипників» було прийнятним, занадто багато несправних підшипників таким чином пропускається. Потрібно використовувати термометр або термопару для вимірювання. Ці методи набагато надійніші. Потрібно встановити базові температури в картці обліку двигуна, коли двигун введено в

експлуатацію. Не треба забувати, що низький рівень або забруднене мастило може бути причиною підвищеної температури.

Знос підшипників також можна визначити, спробувавши посунути вал двигуна, коли він знаходиться в стані спокою. Збільшений осевий люфт та рух вгору та вниз або вбік є добрими ознаками несправних підшипників.

Неправильне складання, використання та обслуговування

Неправильне складання, використання та технічне обслуговування є причинами найбільшої частки відмов підшипників. У вузлу підшипника неправильне поєднання підшипника та посадкового місця або відхилення форми посадкового місця підшипника може призвести до пошкодження підшипника внаслідок фреттингу. Під час використання підшипника значна частина відмов спричинена перевантаженням або аномальною вібрацією, що не тільки зменшує термін служби та призводить до його передчасного виходу з ладу, але й викликає пластичну деформацію підшипника під час тимчасового перевантаження мастила, а забруднення мастила також може вплинути на знос підшипника.

На відміну від інших причин виходу з ладу підшипників кочення, таких як втома, корозія та перевантаження, знос проявляється у багатьох різних формах. Існує чотири основні типи зносу підшипників кочення: абразивне зношування, адгезійне зношування, фреттинг-зношування/корозія та хибне бринелювання.

Абразивний знос

Абразивне зношування виникає, коли тверда, шорстка поверхня ковзає по м'якшій, прорізаючи низку канавок та видаляючи матеріал. Це також може статися, коли абразивні частинки потрапляють між ковзними поверхнями або коли деталь переміщується через абразивне середовище.

Абразивне зношування підшипників кочення — це видалення матеріалу з трьох основних ділянок підшипника кочення: доріжок кочення, торцевих поверхонь тіл кочення та ребер/клітин. Абразивне зношування зазвичай проявляється у вигляді високоглянцевого (тобто напівглянцевого) покриття із дзеркальною структурою поверхні. Цей тип зношування зазвичай призводить до

збільшення торцевого люфту або внутрішнього зазору, що може зменшити термін служби та призвести до перекоосу підшипника.

Абразивне зношування також може впливати на інші частини машини, в яких використовуються підшипники. Сторонні частинки можуть потрапити в мастило через сильно зношені або дефектні ущільнення. Неправильне початкове очищення корпусів і деталей, неефективна фільтрація або неправильне обслуговування фільтра також можуть призвести до накопичення абразивних частинок.

Основними причинами абразивного зношування підшипників кочення є: недостатнє утворення мастильної плівки; сторонні частинки (забруднення, такі як пісок, дрібний метал від шліфування тощо) у мастилі; або недостатня кількість мастила. Крім того, збільшення кількості частинок зносу в мастилі ще більше прискорює процес пошкодження підшипника.

Абразивне зношування можна обмежити кількома способами. Поверхні можна покривати або обробляти, щоб надати їм більшої твердості, ніж абразивні частинки. Абразивне зношування також можна обмежити, використовуючи комбінацію твердої та м'якої поверхні, щоб абразивні частинки могли проникати в м'якший матеріал.

Адгезивний знос

Коли дві поверхні ковзають одна по одній, знос відбувається через зсув, деформацію та відривання матеріалу в точках зчеплення; ці точки зчеплення виникають на піках шорсткості. При адгезійному зношуванні величина зносу зазвичай пропорційна навантаженню та відстані, на яку ковзали поверхні, і обернено пропорційна твердості поверхні, на якій відбувається знос.

Адгезивний знос підшипників кочення часто називають «розмазанням» або «двоелементним» зносом. Він пов'язаний з перенесенням матеріалу між партнерами кочення та спричинений ковзанням усередині підшипника, головним чином через кутове прискорення тіл кочення при вході в зону навантаження. Це призводить до перенесення матеріалу між доріжками кочення

кільця та тілами кочення. Цей контакт металу з металом може проявлятися у вигляді «задирів» або «задинок» на поверхнях підшипника.

У ситуаціях адгезійного зношування найкращі результати зазвичай отримують, якщо деталі мають тверді поверхні. Тверді поверхні можна отримати, виготовляючи деталі з твердих матеріалів або застосовуючи відповідну обробку поверхні. Деякі поширені методи обробки поверхні для запобігання зносу включають *хромування та нікелювання, цементацію та азотування*. Однак, залежно від застосування, можливі різні конструктивні підходи. Наприклад, можливо змінити тип підшипника або конструкцію сепаратора, або нанести чорне оксидне покриття на деякі компоненти підшипника.

Знос/корозія від фреттингу

Чотири основні причини фреттинг-корозії (Ф-К): мікро рухи або дуже малі переміщення між з'єднаними компонентами; відхилення у формі/геометричній формі компонентів; прогин валу/деформація корпусу; та відсутність осьового попереднього навантаження. Більшість випадків фреттинг-корозії можна усунути, дотримуючись інструкцій виробника підшипника з монтажу для отримання відповідних рекомендацій щодо посадки.

Ф-К також може проявлятися у формі фрикційної корозії. Це може виникати в результаті динамічного навантаження на підшипник, спричиненого перекошуванням. Тут відбуваються мікроскопічні рухи між з'єднаними деталями через пружну деформацію кілець підшипника.

Заходи щодо усунення Ф-К включають забезпечення функції плаваючого підшипника на кільці з точковим навантаженням; використання максимально щільних посадкових місць підшипників; підвищення жорсткості валу (корпусу) для запобігання вигину; або нанесення покриття на посадкові місця підшипників.

Хибне бринелювання

Хибне бринелювання, як випливає з назви, не є справжнім бринелюванням, а є фактичним фреттинговим зносом, спричиненим незначним осьовим рухом тіл кочення, коли підшипник нерухомий. Коли підшипник не обертається, масляна

плівка не може утворитися, щоб запобігти зносу доріжки кочення. Зношені вм'ятини або канавки стираються в кільце внаслідок ковзання тіл кочення вперед і назад по ньому. Причиною цих ковзних рухів є вібрація. Поверхні вм'ятин часто буріють (корозія) та демонструють сильне загартування, особливо у випадку кульових підшипників. Ці сліди також можна розпізнати за їх чіткою межею з навколишньою поверхнею.

Таким чином, для покращення якості ПШ потрібно придати твердість її поверхневому шару.

2.2. Аналіз сучасних екологічно безпечних методів зміцнення поверхневих шарів деталей типу тіл обертання

Електроіскрове легування – це процес мікро зварювання, що характеризується короткими імпульсами високого струму, часто генерованими конденсаторами, що виникають між провідним електродом та підкладкою. Процес високої інтенсивності та низької чистої потужності призводить до металургійних покриттів або легованих шарів практично без зони термічного впливу.

Унікальні характеристики цього процесу сприяють зчіплюванню керметних матеріалів з високим вмістом кераміки, а також термочутливих високоцінних матеріалів. Процес використовується для ремонту компонентів, де потрібне низьке теплове навантаження та низька деформація напилення, а також для нанесення покриттів для покращення корозійної стійкості, трибологічних властивостей та локального вмісту сплавів.

Метод ЕІЛ, крім можливості нанесення на поверхні ПШ зносостійких матеріалів є екологічно безпечним (рис. 2.1) [16-21].



Рисунок 2.1 – Фотографії ЕІЛ підшипникової шийки валу

Недоліками методу ЕІЛ є підвищення шорсткості, нанесеного шару, появи розтягуючих залишкових напружень і зниження втомлюваності міцності.

Для усунення, означених недоліків ЕІЛ, після нанесення покриття, виконують безабразивну ультразвукову фінішну обробку (БУФО).

До переваг обробки методом БУФО варто віднести те, що обладнання для неї можна встановлювати на різні види металообробних станків: наприклад, на токарний - обробка деталей тіл обертання (рис. 2.2), фрезерний - обробка деталей плоскої конфігурації тощо.

Метод БУФО, як і метод ЕІЛ є екологічно безпечним.

Використання БУФО для обробки зразків типу тіл обертання проводять на токарних верстатах.



Рисунок 2.1 – Використання БУФО для обробки зраза типу тіла обертання

2.3. Методика і проведення порівняльних досліджень

ЕІЛ проводили на установці моделі «Елітрон-52А». Зразки зі сталі 40Х (матеріал ротора) і 12Х18Н10Т (матеріал корпусу центрифуги) кріпили в патроні токарного верстату (рис. 2.3), а вібратор в різцеутримувачі.



а

б

Рисунок 2.3 – Круглий зразок (а), закріплений в патроні токарного верстату (б)

В якості електроду інструменту (ЕІ) використовували графіт, тобто проводили цементацію поверхневого шару зразків зі сталі 40Х і 12Х18Н10Т методом ЕІЛ (ЦЕІЛ). ЦЕЕІЛ проводили за енергій розряду, $W_p = 2,6$ Дж. Переміщення ЕІ з графіту по поверхні зразка, який обертався, виконували шляхом механізму пересування супорту.

При проведенні БУФО використовували магнітострикційний перетворювач ПМС-39 та ультразвуковий генератор УЗУ- 030 (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Технічні параметри генератора УЗУ-030

| Параметр | Значення |
|-------------------------|-------------------|
| Напруга, В | 220,0 |
| Потужність, Вт | 300,0 |
| Частота, кГц | 18,60 |
| Амплітуда коливань, мкм | 10,0 |
| Габарити, мм | 400,0×450,0×280,0 |
| Вага, кг | 25,40 |

Порівняльні дослідження проводили на машині тертя «СМЦ-2», за схемою «диск-плоский зразок». В якості плоского зразка використовували зразок з твердого сплаву ВК6, розміром: 10x20x8 мм (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – **а** – установка для іспитів на тертя «СМЦ-2»; **б** – схема іспитів «диск-плоский зразок»

Перед випробуваннями на поверхню диску капали п'ять капель з індустріального масла И40А. Швидкість ковзання становила 0,780 м/с, питомий тиск – 10,0 МПа, навантаження на плоский зразок – 100,0 Н, тривалість випробувань – 8,0 год, що відповідає шляху тертя 22,50 км. Час випробування визначали реле часу. Через кожні 3,0хв змінювали напрямок обертання.

На поверхні круглого зразка ($\varnothing 50,0$ x $\varnothing 10,0$ x 10,0 мм), проводили цементацію методом ЕІЛ (обробляли графітовим ЕІ). Потім зразки зважували на аналітичних вагах ВЛА-200. Знос визначали по різниці ваги диску до і після проведення іспитів.

Випробували по 2 серії зразків для кожної сталі (40Х і 12Х18Н10Т) по 3 зразка на серію: без покриття; ЦЕІЛ.

Результати випробувань занесені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати зносостійкості зразків зі сталі 40Х і 12Х18Н10Т після ЕІЛ + БУФО

| № | Матеріал диску | Товщина зміцненого шару, мм | Мікротвердість зміцненого шару, МПа | Шорсткість, Ra, мкм | | Ваговий знос $\times 10^{-3}$, кг |
|----|-----------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------|------------|------------------------------------|
| | | | | Після ЕІЛ | Після БУФО | |
| 1 | Сталь 40Х | - | 1900 | - | - | 0,310 |
| 2 | Сталь 40Х | - | 1900 | - | - | 0,302 |
| 3 | Сталь 40Х | - | 1900 | - | - | 0,315 |
| 4 | Сталь 40Х | 0,80 | 11900 -12000 | 4,3 | 0,45 | 0,047 |
| 5 | Сталь 40Х | 0,77 | 11900 -12000 | 4,2 | 0,47 | 0,041 |
| 6 | Сталь 40Х | 0,78 | 11900 -12000 | 4,4 | 0,45 | 0,043 |
| 7 | Сталь 12Х18Н10Т | - | 1700 | - | - | 0,260 |
| 8 | Сталь 12Х18Н10Т | - | 1700 | - | - | 0,252 |
| 9 | Сталь 12Х18Н10Т | - | 1700 | - | - | 0,215 |
| 10 | Сталь 12Х18Н10Т | | 9500-9700 | 4,7 | 0,35 | 0,035 |
| 11 | Сталь 12Х18Н10Т | | 9500-9700 | 4,9 | 0,37 | 0,032 |
| 12 | Сталь 12Х18Н10Т | | 9500-9700 | 5,0 | 0,38 | 0,033 |

Наведені дані свідчать про те, що найбільший знос у зразка зі сталі 40Х ($0,315 \times 10^{-3}$ кг) без проведення ЦЕІЛ, а найменший у сталі 12Х18Н10Т після обробки з використанням комбінованої технології ЦЕІЛ + БУФО ($0,032 \times 10^{-3}$ кг)

Таким чином, комбіновані технології (ЕІЛ + БУФО) зміцнення посадочних поверхонь шийок валів роторів центрифуг зі сталі 40Х і «гнізд» під підшипники кочення в корпусах центрифуг зі сталі 12Х18Н10Т можна використовувати в виробництві.

2.4. Висновки

1. Проведений аналіз основних причин зношування посадочних поверхонь кулькових підшипників в корпусах і шийках валів роторів центрифуг.

2. Аналіз сучасних екологічно безпечних методів зміцнення поверхневих шарів деталей типу тіл обертання показав, що найбільш перспективною може бути комбінована технологія ЕІЛ + БУФО.

3. Порівняльними дослідженнями встановлено, що найбільший знос у зразків зі сталі 40X без проведення ЦЕІЛ, який складає $0,315 \times 10^{-3}$ кг, а найменший у сталі 12X18Н10Т після обробки з використанням комбінованої технології ЦЕІЛ + БУФО - $0,032 \times 10^{-3}$ кг.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ЦЕНТРИФУГОЮ

3.1 Загальні положення

Перш ніж будь-який персонал буде використовувати центрифугу, він повинен пройти внутрішнє навчання та ознайомитися з конкретними «Стандартними операціями процедури» (СОП) центрифуги на підприємстві. Як і під час експлуатації будь-якого обладнання, слід дотримуватися інструкцій виробника щодо безпечного використання та необхідного технічного обслуговування.

Центрифуги – це поширене обладнання. Центрифуги обертаються з високою швидкістю, створюючи відцентрову силу для розділення речовин з різними розмірами або щільністю частинок.

Усі центрифуги, включаючи мікроцентрифуги, можуть бути небезпечними, якщо їх неправильно використовувати або обслуговувати. Перш ніж розпочати будь-яку роботу з центрифугами у вашій лабораторії, необхідно провести локальну оцінку ризиків (ЛОР) та створити специфічну для роботи стандартну операційну процедуру (СОП).

3.2. Основні положення та запобіжні заходи щодо експлуатації

1. Перед використанням центрифуги обов'язково ознайомтеся з інструкцією з експлуатації приладу та правильно використовуйте його відповідно до інструкцій. Зверніть увагу на максимальну швидкість та максимальну місткість центрифуги.

2. Під час використання центрифуги одягайте захисні окуляри, лабораторні рукавички та лабораторний халат, щоб запобігти випадковим травмам, спричиненим розбризкуванням зразка або несправністю приладу.

3. Під час роботи центрифуга генеруватиме гучний шум та вібрацію, тому центрифугу слід розмістити на стійкому фундаменті, щоб забезпечити її стабільну роботу.

4. Мул слід розміщувати якомога рівномірніше в роторі центрифуги, щоб забезпечити рівномірну відцентрову силу. Водночас ротор центрифуги також необхідно збалансувати, щоб уникнути вібрації або шуму, спричинених дисбалансом.

5. Місткість ротора центрифуги зазвичай обмежена, тому, вибираючи центрифужну чашку, необхідно зробити розумний вибір на основі об'єму мулу, щоб уникнути перевищення вантажопідйомності центрифуги.

6. Швидкість центрифуги слід обирати відповідно до характеру речовини та мети центрифугування. Якщо швидкість занадто висока, осад зразка може

бути втрачений або якщо швидкість занадто низька, осад не може бути ефективно розділений.

3.3. Обробка після центрифугування

1. Після центрифугування спочатку вимкніть живлення центрифуги та зачекайте, поки центрифуга повністю зупиниться, перш ніж відкривати кришку центрифуги, щоб уникнути розбризкування зразка через обертання ротора.

2. Після відкриття кришки центрифуги обережно видаліть, щоб уникнути його висипання. В непотрібному місці.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ПОСАДКОВИХ ПОВЕРХОНЬ ПІДШИПНИКОВИХ ШИЙОК ВАЛІВ РОТОРІВ ЦЕНТРИФУГ

4.1. Нормування технології нанесення покриття на підшипникові шийки (ПШ) валів роторів центрифуг

Перелік необхідних матеріалів та обладнання потрібних для нанесення покриттів на ПШ центрифуг (табл.4.1).

Таблиця 4.1 – Матеріали та обладнання для нанесення покриттів на ПШ центрифуг

| Обладнання | Вартість, грн |
|-------------------------|------------------|
| Установка «Елітрон 52А» | 22000 |
| Інше | |
| Електроенергія, кВт/год | 40,0 |
| Графіт | 10,0 |
| Σ | 22050 |

Поверхня ПШ центрифуг для нанесення покриття = 500,0 см²

4.2 Розрахунок собівартості зміцнення

Собівартість виготовлення 1,0 ПШ центрифуг без покриття

$$C_{\text{баз}} = 50,0 \text{ грн.}$$

Термін роботи 1,0 ПШ центрифуг без покриття складає

$$T_{\text{баз}} = 0,30 \text{ рок.}$$

Собівартість затрат для зміцнення 1,0 ПШ центрифуг буде:

$$C_{\text{мат}} = 10,0 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальна собівартість ПШ центрифуг буде:

$$C_{\text{нов}} = C_{\text{баз}} + C_{\text{мат}} = 50,0 + 10 = 60,0 \text{ грн} \quad (4.1)$$

Враховуючи, що 1 ПШ центрифуг буде працювати в п'ять разів довше, то

$$T_{\text{нов}} = T_{\text{баз}} \times 5 = 0,30 \times 5,0 = 1,50 \text{ роки.} \quad (4.2)$$

4.3. Розрахунок економічної ефективності

$$E = C_{\text{баз}} : T_{\text{баз}} - C_{\text{нов}} : T_{\text{нов}} = 50 : 0,3 - 60 : 1,5 = 127,0 \text{ грн} \quad (4.3)$$

4.4 Розрахунок окупності капітальних витрат, (Фок)

$$\text{Фок} = C_{\text{об}} : E = 22050 : 127 = \sim 174 \text{ шт.,} \quad (4.4)$$

де $C_{\text{об}} = 22050$ грн (табл. 4.1)

Згідно того, що два працівника за добу зміцнюють приблизно 10,0 ПШ центрифуг, то добова окупність складе:

$T_{\text{доб}} = \text{Фок} : 10 = 174 : 10 = \sim 18 \text{ діб.}$

Таким чином. Економічна ефективність технології зміцнення буде 127,0 грн на одну ПШ центрифуг, а окупність задіяного обладнання $\sim 18,0$ діб.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ:

1. Очищення стічних вод є однією з найбільших проблем для багатьох країн, оскільки зростання рівня небажаних або невідомих забруднювачів дуже шкідливе для здоров'я, а також для навколишнього середовища. Очищені стічні води мають ширше застосування, таке як зрошення, поповнення ґрунтових вод тощо.

2. Центрифуги відіграють життєво важливу роль у сучасному очищенні стічних вод. Ці машини використовують обертову силу для відділення твердих речовин від рідин, що робить їх ключовим інструментом в очищенні води. Центрифуги можуть видаляти до 99% твердих частинок зі стічних вод, значно покращуючи їх якість.

3. Аналіз найпоширеніших проблеми із центрифугами показав, що найчастіше вони пов'язані з підшипниками кочення або зношенням посадкових поверхонь роторів - підшипникових шийок (ПШ).

4. Проведений розгляд основних причин зношування посадочних поверхонь кулькових підшипників в корпусах і шийках валів роторів центрифуг

і аналіз сучасних екологічно безпечних методів зміцнення поверхневих шарів деталей типу тіл обертання показав, що найбільш перспективною технологією для вирішення проблеми може бути комбінована технологія ЕІЛ + БУФО.

5. Порівняльними дослідженнями встановлено, що найбільший знос у зразків зі сталі 40Х без проведення ЦЕІЛ, який складає $0,315 \times 10^{-3}$ кг, а найменший у сталі 12Х18Н10Т після обробки з використанням комбінованої технології ЦЕІЛ + БУФО - $0,032 \times 10^{-3}$ кг.

6. Удосконалена технологія зміцнення поверхневих шарів посадкових поверхонь для кулькових підшипників відцентрових центрифуг, які використовуються на підприємствах АПК, шляхом їх зміцнення комбінованою технологією ЕІЛ+БУФО.

7. Розрахована економічна ефективність удосконаленої технології дає підстави для її впровадження у виробництво.

8. По матеріалам досліджень опубліковані дві статті (додаток Б).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Kesari, K.K., Soni, R., Jamal, Q.M.S. et al. Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water Air Soil Pollut* 232, 208 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8>
2. Poustie, A., Yang, Y., Verburg, P., Pagilla, K., & Hanigan, D. (2020). Reclaimed wastewater as a viable water source for agricultural irrigation: A review of food crop growth inhibition and promotion in the context of environmental change. *Science of the Total Environment*, 739, 139756.
3. Ungureanu, N., Vlăduț, V., & Voicu, G. (2020). Water Scarcity and wastewater reuse in crop irrigation. *Sustainability*, 12(21), 9055. CAS Google Scholar
4. Mahfooz, Y., Yasar, A., Guijian, L., Islam, Q. U., Akhtar, A. B. T., Rasheed, R., Irshad, S., & Naeem, U. (2020). Critical risk analysis of metals toxicity in wastewater irrigated soil and crops: a study of a semi-arid developing region. *Scientific Reports*, 10, 12845. CAS Google Scholar

5. Narain, D. M., Bartholomeus, R. P., Dekker, S. C., & Van Wezel, A. P. (2020). Natural purification through soils: Risks and opportunities of sewage effluent reuse in sub-surface irrigation. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology (Continuation of Residue Reviews)* (pp. 1–33). Springer. https://doi.org/10.1007/398_2020_49.
6. Soni, R., Pal, A. K., Tripathi, P., Lal, J. A., Kesari, K., & Tripathi, V. (2020). An overview of nanoscale materials on the removal of wastewater contaminants. *Applied Water Science*, 10, 189. CAS Google Scholar
7. Agoro, M. A., Adeniji, A. O., Adefisoye, M. A., & Okoh, O. O. (2020). Heavy metals in wastewater and sewage sludge from selected municipal treatment plants in Eastern Cape Province, South Africa. *Water*, 12, 2746. CAS Google Scholar
8. He, Y., Yuan, Q., Mathieu, J., Stadler, L., Senehi, N., Sun, R., & Alvarez, P. J. J. (2020). Antibiotic resistance genes from livestock waste: Occurrence, dissemination and treatment. *npj Clean Water*, 3, 4. Google Scholar
9. Jyothi, N.R. (2020). Heavy metal sources and their effects on human health, heavy metals - Their environmental impacts and mitigation. Ed. Nazal, M. 95370.
10. Nizam, N. U. M., Hanafiah, M. M., Noor, I. M., & Karim, H. I. A. (2020). Efficiency of five selected aquatic plants in phytoremediation of aquaculture wastewater. *Applied Sciences*, 10, 2712. CAS Google Scholar
11. V. B. Tarel'nyk, O. P. Gaponova, N. V. Tarel'nyk, and O. M. Myslyvchenko. *Aluminizing of Metal Surfaces by Electric-Spark Alloying // Progress in Physics of Metals*. 2023, v. 24 (2), p. 282–318
12. Забезпечення захисту поверхонь торцевих імпульсних ущільнень турбомашин шляхом формування зносостійких наноструктур : монографія / В. Б. Тарельник, Є. В. Коноплянченко, О. П. Гапонова, Н. В. Тарельник ; за заг. ред. В. Б. Тарельника. Суми : Університетська книга, 2022. 260 с.
13. Проблеми безпечної експлуатації компресорного та насосного обладнання в сучасній промисловості : монографія / В. С. Марцинковський та ін. ; за ред. В. Б. Тарельника, Є. В. Коноплянченка. Суми : ФЛП Литовченко Е. Б., 2020. 410 с.

14. Тарельник Н. В. Технологічні особливості модифікації поверхонь деталей насосів атомних електростанцій : монографія. Суми : Університетська книга, 2024. 200 с.
15. Галузеве машинобудування: підручник для аспірантів спеціальності / В.Б. Тарельник, доц. Є.В. Коноплянченко, М.В. Зубко та ін.; за заг. Ред. В.Б. Тарельника, Ю.І. Данька - Одеса: Олді+, 2023 Видавництво СНАУ, 2022.- 468.с.
16. Structure and properties of powder gas-plasma coatings based on nickel / D. B. Hlushkova et al. Problems of Atomic Science and Technology. 2022. Vol. 140, Issue 4. P. 125–130.
17. Aluminizing of Metal Surfaces by Electric-Spark Alloying / V. B. Tarelnyk, O. P. Gaponova, N. V. Tarelnyk, O. M. Myslyvchenko. Progress in Physics of Metals. 2023. Vol. 24, No. 2. P. 282–318. URL: <https://doi.org/10.15407/ufm.24.02.282>.
18. Gao et al., 2020 W. Gao , F. Chen , X. Wang , K. Meng Recent advances in food powder processing using ultrafine grinding technologies: a review comp. Rev. Food Sci. Food Saf. , 19 (4) (2020) , pp. 2222-2255 , 10.1111 / 1541-4337.12580 View at publisherView in Scopus Google Scholar
19. Підвищення ефективності технології нітроцементзації електроіскровим легуванням / О. П. Гапонова, В. О. Охріменко, Н. В. Тарельник, М. Л. Шуляк. Вісник СНАУ. Суми : СНАУ, 2024. Вип. 2 (56). С. 27–33. URL: <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.2.4>.
20. Спосіб модифікації поверхневих шарів деталей машин методом електроіскрового легування (ЕІЛ) металевим електродом інструментом у спеціальному технологічному середовищі (СТС) з рівномірно розподіленими вуглецевими нанотрубками : пат. UA № 155786 U Україна, МПК (2024.01) B23H 1/00 B23H 9/00 B82B 1/00 / О. П. Гапонова, В. Б. Тарельник, Н. В. Тарельник, П. Фурманчик, В. О. Охріменко, А. В. Ткаченко (UA). № u202301024 ; заявл. u202301024 ; опубл. 10.04.2024, Бюл. № 15.
21. Спосіб алітування сталевих деталей : пат. UA № 153740 U Україна, МПК B23H 1/00, B23H9,00, C23C10/48 / Н. В. Тарельник, О. П. Гапонова, Т. І. Жиленко

(UA), П. Фурманчик, Гоффман Яцек (PL). № u202204554 ; заявл. 02.12.2022 ;
опубл. 23.08.2023, Бюл. № 34.

ДОДАТКИ