

УДК 626.6.9

О.Сиротинський, канд. техн. наук, М.Криstopчук
Рівненський державний технічний університет

ДО ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ВІД МУЛОВИХ НАНЕСЕНЬ ТА ВІДКЛАДЕНЬ ВОХРИ

Розглядаються методи очищення дренажних систем від мулових нанесень та відкладень вохри та наведена перспективна технологія гідроаераційного очищення, що є ефективною та екологічно безпечною.

Останніми роками, незважаючи на тимчасове припинення меліоративного будівництва та різке зменшення коштів, що виділяються на підтримання меліоративних систем у працездатному стані, проводиться науково-дослідна розробка і впровадження передових енергозберігальних та екологічно безпечних технологій, що поліпшать експлуатацію меліоративних систем.

За даними Державного комітету водного господарства України, на території нашої держави функціонує понад 2060 тис. км дренажно-колекторних мереж, де щороку відкладається близько 200 тис. м³ намулку та вохри, що істотно знижує ефективність її роботи.

Як відомо, дренаж сприяє посиленню життєдіяльності ґрунтової мікрофлори, прискорює хімічні та біологічні процеси на торфовищах. Закриті дренажні системи зберігають працездатність протягом багатьох десятиліть і виходять з ладу не через руйнування труб, а з інших причин (закупорювання дрен за рахунок суффізій та хімічних виділень солей заліза; замулення зазорів та стиків дренажних труб хімічними або механічними відкладеннями; заростання та закупорювання дренажних порожнин і гирлів дрен та ін.). Однією з найбільш поширених причин порушення працездатності дренажних систем є закупорювання порожнин керамічних труб окисними сполуками заліза (вохрою). Сполуки заліза, що надходять до дрен з ґрунтовою водою, мають різноманітне походження. Частково вони надходять з поверхневими водами у результаті змиву вивітрених поверхневих порід. При цьому основна маса заліза, що надходить до дрен, має вигляд суспензії або комплексних сполук [1,2].

Ґрунтові води виносять з глибин відновлене залізо в іонній формі або у формі комплексних сполук. У зоні аерації вони частково окислюються, утворюючи гідрат окису заліза, що адсорбується ґрунтовим шаром торфовищ. Таким чином, торфовища збагачуються сполуками заліза за рахунок ґрунтових вод при наявності глибинних залізозносних порід. Із літературних джерел [1,2,3] стало відомо, що вміст розчиненого заліза у дренажному стої навесні становить 12,8 - 18,2 мг/л, у вигляді суспензії 4,2 - 6,1 мг/л, а в деяких випадках його величина доходить відповідно до 21 та 7 мг/л.

Отже, висока концентрація закисного заліза у воді - основний фактор осідання окисних сполук заліза у дренажних трубах. При концентрації заліза у ґрунтових водах у весняний період, більший за 8 мг/л, можливе замулення дренажа вохрою.

Дослідження [1] показали, що промивання дрен, замулених окисними сполуками заліза, малоефективне і не запобігає повторному замулюванню.

У США проводиться так зване хімічне промивання дрен, замулених окисними

сполуками заліза та марганцю, з використанням розчину сірчаної кислоти та бісульфату натрію. Інший спосіб випробуваний у Каліфорнії - продування дрен сірчистим газом, який подається з балонів із спеціальних установок [1].

Ці способи призводять до забруднення навколишнього середовища внаслідок потрапляння до ґрунтових вод хімічних розчинів сірчаної кислоти та бісульфату натрію, а також до підвищення ймовірності захворювання обслуговуючого персоналу при продуванні дрен сірчистим газом.

У Рівненському державному технічному університеті вироблена технологія, що базується на методі гідроакустичного розпушування злежаних налесень у дрени або колекторі, який гарантує цілість оброблюваної поверхні, в якій безпосередньо розміщуються мулові налесення. Вона полягає у поєднанні "традиційного" - змивно-реактивного режиму та "нового" гідроакустичного, при якому використовуються ультразвукові коливання великої потужності, які створюють нерегулярне поле з розривами суцільності середовища [6].

Принцип роботи гідроакустичної дренопровимної головки базується на тому, що поширення ультразвукових коливань значної амплітуди викликає у пульповому середовищі цілий ряд явищ, найважливіші з яких - кавітація та акустичні потоки. Ці явища справляють основну фізичну дію на процес ультразвукового очищення дрени від вохри та механічного забруднення. Крім чисто механічного руйнування шару, що утворюється внаслідок заохрювання, кавітація та акустичні потоки інтенсифікують процеси емульгації та розчинення, що супроводжують очищення. Акустичні потоки сприяють винесенню забруднень і поліпшують вплив гідродинамічного розпушування шару злежаних мулових наносів та вохри у зоні очищення, а кавітація сприяє руйнуванню зв'язків між частками мулу та вохри.

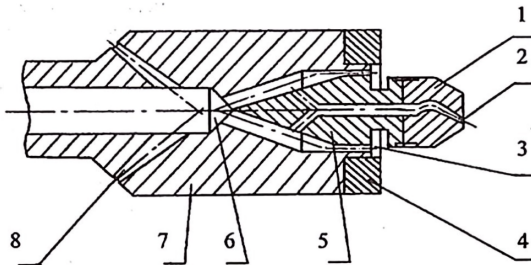


Рис. 1. Схема гідроакустичної дренопровимної головки. 1 - фронтальна насадка; 2 - фронтальне сопло; 3 - кавітаційна порожнина; 4 - кільцева насадка; 5 - обтічак; 6 - центральний канал; 7 - корпус; 8 - реактивні сопла.

При поширенні звукової хвилі через рідину послідовно виникають області стиснення та розрідження. У результаті таких динамічних дій у фазі від'ємного тиску в деяких ділянках рідини можуть виникати газові або повітряні бульбашки, або порожнини. При дальшому розтягуванні рідини розміри бульбашок збільшуватимуться, що веде до зменшення в середині них тиску. Зниження тиску нижче величини об'ємної міцності рідини може привести до необмеженого росту бульбашок, тобто до розриву рідини, і, таким чином, до утворення всередині її порожнин. Однак частина бульбашок, що не досягнула критичних розмірів, при дальших стисненнях зменшує свої розміри, причому бульбашки зростають або зменшуються проходить із частотою зміни тиску, тобто з частотою звукової хвилі, що поширюється в рідині. Позитивні фази тиску можуть привести до повного зникнення бульбашок і пустот - захоплення. Тиск у бульбашках безпосередньо перед їх захопленням досягає кількох тисяч атмосфер. Тому в момент повного зникнення бульбашок виникають потужні гідравлічні удари, що спричиняють диспергування - подрібнення відкладень вохри та мулових поносів.

Подібні удари виникають із частотою звукової хвилі f .

Таким чином, механізм ультразвукового очищення, зумовлений механічною дією хімічно пасивного середовища, можна пояснити руйнуванням (подрібненням) шарів вохри, що виникає з появою ударної хвилі при анігіляції кавітаційних бульбашок поблизу місць замулення та завохрення. Крім цього, ефект очищення посилюється завдяки виникненню бульбашок, що інтенсивно коливаються і проникають до щілин, зазорів між шарами вохри та твердою поверхнею дрени.

Застосування ультразвуку виключає можливість руйнування дрени при їх промиванні. Завдяки тому, що сили, які діють на частинки забруднень, приблизно рівномірно розподілені на всьому об'ємі рідини у дрени, очищуються заглиблення, стики, отвори.

Для ефективної змивної дії необхідно щоб ультразвукові коливання у рідині могли вільно проникати в отвори та заглиблення, що можливе при визначеному співвідношенні між розмірами (d) та довжиною ультразвукової хвилі:

$$\lambda < d, \quad (1)$$

тобто для очищення малих отворів необхідно застосовувати високі частоти коливань.

При дії потужного ультразвукового випромінювача на рідину в останній спостерігаються змінні тиски, які змінюються з частотою поля, що збуджується, та створюють високу густину енергії. При амплітудах звукового поля, які перевищують певне порогове для даного середовища значення, виникає кавітація, яка характеризується зростанням бульбашки протягом всього напівперіоду від'ємних тисків ультразвукового поля, а також усього процесу очищення.

Літературні джерела [4,5] свідчать, що найбільш ефективною є конструкція змивної головки з використанням елементів струменевих (гідродинамічних) генераторів ультразвуку. Здебільшого при забрудненні грубими частинками або багатшаровому забрудненні, ультразвукове височастотне очищення є ефективним. При багатшаровому забрудненні височастотні коливання біля поверхні дрени згасають, що різко знижує ефективність очистки. У таких умовах у результаті застосування гідродинамічних джерел ультразвукових коливань отримуємо чисту поверхню, незважаючи на те, що питома потужність струмивних ультразвукових коливань менша, ніж електро- або магнітострикційних.

У гідродинамічних генераторах-випромінювачах кінетична енергія струмини перетворюється на енергію пружних акустичних коливань. Звук генерується в області турбулентного руху струмини.

Струмина, що впливає з великою швидкістю з конусно-циліндричного або щілиноподібного сопла, потрапляє на пластину з клиновидним краєм. Струмина зривається і виникають вихорові пульсації. При збігові частоти пульсацій з власною резонансною частотою пластини від неї до рідини надходить акустична хвиля.

Частота власних коливань струмини визначається за залежністю

$$f = \frac{n v}{2 L}, \quad (2)$$

де v - швидкість струмини; L - відстань від сопла до відбивача; $n = 1, 2, 3, \dots$

Власні частоти коливань консольно закріпленої та закріпленої у двох вузлових точках пластини відповідають виразам

$$f = 0.162 \frac{d}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (3)$$

$$f = 10^4 \frac{1}{2\pi} (1+\gamma)^2 \frac{d/2}{(l/2)^2} \sqrt{\frac{E}{3\rho}}, \quad (4)$$

де l - довжина пластини; d - товщина пластини; E - модуль Юнга; ρ - густина рідини; $\gamma = 2d / (l - 2d)$.

Оптимальний режим роботи досягається експериментальним підбором розмірів резонансних елементів, регулюванням відстані між соплом та відбивачем, зміною швидкості виливання струмینی. Так, наприклад, частотний спектр гідродинамічного випромінювача у вигляді кільцевого щілиноподібного сопла та співвісно розміщеної пелюсткової втулки відбивача перебуває у межах $1,6 \cdot 10^3$ - $7 \cdot 10^5$ Гц з достатньо різким амплітудним максимумом, що відповідає частоті $3,2 \cdot 10^3$ Гц при тиску $0,5 \cdot 10^5$ Па.

The cleaning methods of drainage systems from silt drift and sediments of ochre are consider and efficient, ecological safty and prospect technology of hydrodinamic cavitation cleaning are present.

Література

1. Хруцкая З.Я. Заилнение дренажа железистыми соединениями. - М.: Колос, 1970. - 96 с.
2. Антипов-Каратаев И.Н. К вопросу миграции железа в виде органических его соединений // Всесоюзная конференция по генезису руд железа, марганца и алюминия. - 1935.
3. Зубец В.М. Эксплуатация закрытого дренажа. - М.: Сельхозгиз, 1961.
4. Физика и техника мощного ультразвука. Мощные ультразвуковые поля. - М.: Наука, 1968. - 266 с.
5. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике / Перев. с немецк. под ред. В.С. Григорьева и Л.Д. Розенберга. - М., 1957. - 726 с.
6. Источники мощного ультразвука / Под ред. Розенберга Л.Д. М.: Наука, 1967. - 237с.
7. Эскин Г.И. Ультразвук шагнул в металлургию. - М.: Металлургия, 1975. - 216 с.

Статтю подав до друку докт. техн. наук, проф. Р.М.Розатинський