

УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРІВ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА

На правах рукопису

СИРОТИНСЬКИЙ Олександр Артемович

РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ  
ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОМЕХАНІЗОВАНОГО ОЧИЩЕННЯ  
ДРЕНАЖНИХ КОЛОДЯЗІВ МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ  
З ПОВТОРНИМ ВОДОВИКОРИСТАННЯМ

Спеціальність 06.01.02 - Меліорація та зрошуване  
землеробство

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата  
технічних наук

Рівне - 1994



00755952 (X)

AB 37.250

Інському інституті інженерів вод-

Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент  
Майструк С.П.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор,  
академік АБУ Науменко І.І.;  
кандидат технічних наук, начальник  
Головного науково-технічного Управ-  
ління Державного комітету України по  
водному господарству, академік АБУ  
Лелявський В.В.

Провідна організація - "Укрводпроект" Державного комітету  
України по водному господарству

Захист відбудеться " 9 " грудня 1994 року о \_\_\_ го-  
дині на засіданні спеціалізованої ради К 068.45.01 по захис-  
ту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата тех-  
нічних наук при Українському інституті інженерів водного го-  
сподарства за адресою: 266000, Рівне, вул.Соборна, 11, учбо-  
вий корпус 1, аудиторія 134.

Просимо взяти участь в роботі ради, або вислати ваш від-  
гук на автореферат в 2-х примірниках, завірених печаткою на  
адресу: 266000, Рівне, вул. Соборна, 11, ауд. 129.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці інституту.  
Автореферат розіслано " 1 " листопада 1994 року.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради,  
кандидат технічних наук,  
професор

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

Гончаров С.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Державною міжгалузевов науково-технічною програмою ДНТ "НТП- 86- 90 р. Шифр програми: 0.52.01. Проблема 0.07. Завдання МОК- 01. 02. 01. 011." передбачено підвищити ефективність використання закритих гідромеліоративних систем, загальна площа яких на Україні складає 2 млн. га, на основі розробки та впровадження нових методів очищення дренажних колодязів, які є одним із основних видів гідротехнічних споруд на цих системах, від мулових відкладень (наносів). Загальна кількість дренажних колодязів на даний період становить більше 500 тис. шт. при щорічній величині відкладень 200 тис. м<sup>3</sup>.

Аналіз вітчизняної та зарубіжної практики очищення колодязів показав, що до теперішнього часу немає високопродуктивних технологій та засобів очищення.

Мета роботи: розробка технології та засобу гідромеханізованого очищення дренажних колодязів меліоративних систем з повторним використанням робочого реагенту та утилізацією мулових наносів.

Об'єкти та методика досліджень: Робота виконувалась на основі теоретичних, числових та експериментальних досліджень.

Теоретичні дослідження проводились для одержання математичної моделі єдиного технологічного процесу гідромеханізованого очищення дренажних колодязів меліоративних систем.

Лабораторні дослідження проводились на макетах дренажного колодязя і машини для його очищення. Особливість прийнятої методики полягала в тому, що для замірів швидкості гвинтового водно-грунтового потоку використовувалась кульова п'ятиканальна трубка (зонд).

Експериментальні дослідження проводились під час про-

ходження Державних (приймальних) випробовувань машини на Львівській та Західній машиновипробувальних станціях.

Для рішення одержаних рівнянь та обробки експериментальних даних використовувались ПЕОМ типу IBM PC/ AT-286 та РОВОТМОН 1715 М.

Наукова новизна заключається в розробці технології гідромеханізованого очищення дренажних колодязів від мулових наносів; визначенні основних технологічних параметрів процесу гідродинамічного розпушення мулових наносів з одночасним вакуумним забором пульпи, гравітаційного освітлення робочого реагенту, та розрідження наносів перед їх утилізацією. Розроблені нова технологія та засіб по очищенні дренажних колодязів від мулових наносів, а також її робочий орган (гідророзпушувач наносів), які захищені авторськими свідоцтвами на винаходи № 1730372, № 1736218 та № 1742427.

Практична цінність роботи. Розроблені технологія та засіб гідромеханізованого очищення дренажних колодязів дозволили зовисити продуктивність праці в 12 разів в порівнянні з ручним очищенням.

Основні положення, що виносяться на захист:

1. Технологія гідромеханізованого очищення дренажних колодязів з повторним водовикористанням робочого реагенту та утилізацією мулових наносів.

2. Конструктивно-технологічна схема машини для очищення дренажних колодязів.

3. Математичні моделі процесів гідродинамічного розпушення мулових наносів з одночасним забором пульпи, гравітаційного освітлення робочого реагенту, розрідження наносів в відсіці мулу машини перед їх утилізацією.

4. Закономірності впливу технологічних та конструктив-

них параметрів машини на її енергетичні та якісні показники роботи.

Апробація та впровадження. Результати дисертаційної роботи доповідались на науково-практичних конференціях: "Досягнення меліоративної науки-виробництва" (м. Рівне, 1988); "Екологічне вдосконалення меліоративних систем" (м. Москва, 1989); "Підвищення ефективності використання водних ресурсів в сільському господарстві" (м. Новочеркаськ, 1989); "Питання меліорації і сільського будівництва на Далекому Сході" (м. Уссурійськ, 1989); "Меліорація і освоєння тяжких мінеральних ґрунтів" (м. Рівне, 1990); "Досягнення НТП в практику меліоративного будівництва" (м. Рівне, 1990); "Внесок молодих вчених і спеціалістів в рішення комплексних програм меліорації Дону" (м. Новочеркаськ, 1990); "Нові технічні рішення при виробництві меліоративних робіт" (м. Рівне, 1992); "Науково-технічна конференція. Тези доповідей" (м. Рівне, 1992); на розширеному засіданні кафедри сільськогосподарських гідротехнічних меліорацій Українського інституту інженерів водного господарства (м. Рівне, 1994).

Запропонована технологія і розроблений на її основі засіб гідромеханізованого очищення дренажних колодязів були впроваджені в серійне виробництво в ДСЛКТЕ (м. Бобруйськ). Промислова партія машин працює у 7 господарствах системи Держводгоспу України. Сумарний річний економічний ефект склав 123 тисячі 158 крб. в цінах 1984 року.

Публікації результатів. По темі дисертації опубліковано 16 друкованих робіт, в т.ч. 3 авторських свідоцтва.

Структура та об'єм дисертаційної роботи. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури із 121 найменування і додатків. Загальний об'єм роботи

складає 200 сторінок, в тому числі 9 таблиць і 56 рисунків.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми, сформульована мета досліджень, дана загальна характеристика роботи і проведений перелік основних положень дисертації, які виносяться на захист.

В першому розділі виконаний аналіз і узагальнення сучасного стану в області експлуатації (очищення) дренажних колодязів, як одного з основних типів гідротехнічних споруд на закритих меліоративних системах. Проведені дослідження дозволили встановити наступне: із загальної кількості обстежених колодязів 97% замулені, при цьому на долю природнього замулення приходить до 87% від загальної кількості колодязів, а частка штучного та інших забруднень складає до 13%; при цьому висота шару наносів досягає 0,12...0,65 м, з рівнем води 0,2...0,3 м; встановлені основні причини замулення дренажних колодязів. Виявлено, що на більшій половині колодязів відсутні кришки (до 56%), розбиті оголовки, проглядається наявність вибоїн і різноманітних щілин. Інтенсивність замулення колодязів, влаштованих на глиняно-пісчаніх ґрунтах в 1,5 - 1,7 разів вища, ніж на торф'яниках середньої потужності, а інтенсивність заохривання колодязів на дренажних системах, улаштованих з керамічних труб в 1,3 вища, ніж на системах з пластмасових труб. Показник неоднорідності наносів склав  $(d_{60} : d_{10}) = (2,14 - 34,9)$ . Це вказує на те, що у відповідності до класифікації Качинського вони відносяться до пісків пухких, зв'язаних, супісків і суглинків. Наноси характеризуються такими параметрами: вологість 11,2...16,7%; густина 2650...2896 кг/м<sup>3</sup>; пористість 41,06...60,93%; об'єм

на маса твердої фази наносів 1325...1662 кг/м; коефіцієнт пористості 0,58...1,04.

На основі досліджень, автором одержано рівняння регресії у вигляді полінома 2-го ступеня, яке встановлює ступінь вологості наносів від висоти рівня їх залягання:

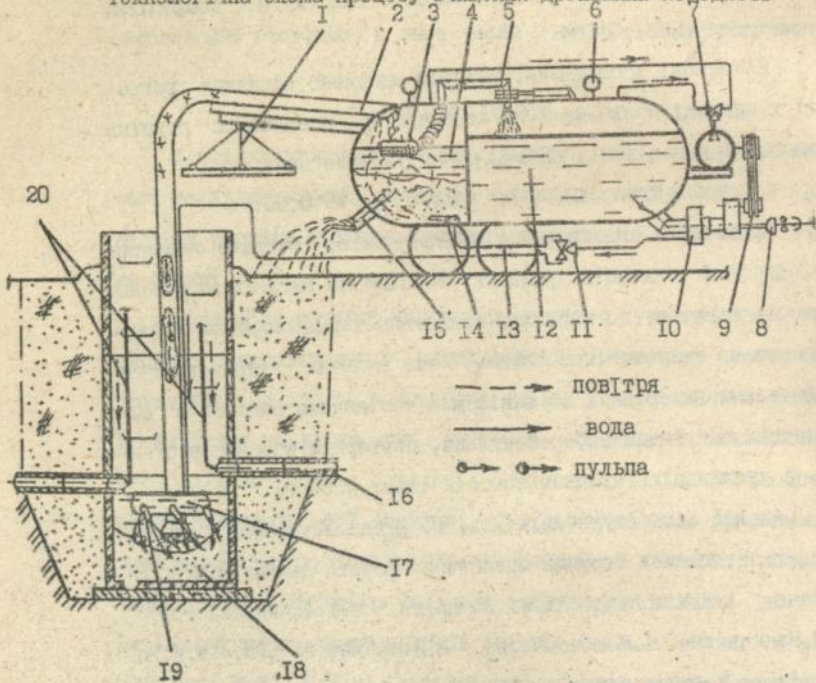
$$W = - 48,16 \cdot h_N^2 + 34,10 \cdot h_N + 10,06.$$

Проведений аналіз робіт попередників, методів очищення колодязів і тенденцій розвитку техніки по питанню вилучення наносів показав, що найбільш придатною і раціональною є запропонована технологічна схема, яка виключає гідромеханічне руйнування внутрішніх зв'язків між частинками наносів з одночасним вакуумним забором пульпи, повторним водовикористанням і утилізацією мулових наносів (див. рис. 1).

Аналіз літератури свідчить, що фундаментальним дослідженням затоплених струмин присвячені роботи вчених Н.Н.Абрамовича, А.Н.Міловича, Е.А.Замаріна, М.І.Лойцяньського, В.М.Макквасєєва, І.М.Коновалова, Н.Н.Кременецького, Д.В.Рощупкіна, М.І.Гуревича, В.Я.Чичасова, Л.Прандтля, Н.Масамі, та інших. Ними встановлено цілий ряд важливих закономірностей процесу гідродинамічної розробки ґрунтів затопленими струминями. Питання розробки ґрунту в підводному вибої всмоктувальним потоком, утвореним наконечниками круглої форми присвятили свої роботи П.Я.Архіпов, Д.В.Рощупкіє, А.С.Старіков, П.П.Пухов, Б.Е.Романенко, А.І.Харін та інші. Проте процес гідромеханізованого очищення дренажних колодязів з одночасним вакуумним забором пульпи вивчений ще не повністю: недостатньо обґрунтований вплив нерозривної поверхні, утвореної стінкою дренажного колодязя.

На основі виконаного аналізу визначені задачі подальших досліджень.

## Технологічна схема процесу очищення дренажних колодязів



1 - кришка дренажного колодязя; 2 - забірний трубопровід; 3 - плаваючий фільтр - водозабірник; 4 - відсік мулу; 5 - перевавтакумчий пристрій; 6 - вакууметри; 7 - вакуумний насос; 8 - карданний вал; 9 - клиношасова передача; 10 - відцентровий насос; 11 - двохоовий кран; 12 - відсік води; 13 - аздірний трубопровід; 14 - змивна система; 15 - виливний трубопровід; 16 - дренажний колектор; 17 - гідророзпушувач; 18 - мулові (відкладення) наноси; 19 - сопла гідророзпушувача; 20 - пчевмозаглушки

В другому розділі проведений теоретичний аналіз процесу гідромеханізованого очищення дренажних колодязів з повторним водовикористанням та утилізацією мулових наносів.

Моделюючи процес розмиву злегалних наносів, виходили з того, що розглядуваний вихровий потік, в загальному випадку є потоком з перемінною витратою, так як по мірі його утворення і переміщення до вирви буде відбуватись постійне приєднання до нього додаткових водяних мас із колодязя з твердими частинками наносів. Математична модель даної задачі описується рівняннями Громєки-Міловича

$$\frac{d^2 V_z}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{dV_z}{dr} + K^2 \cdot V_z = 0 ; \quad (1)$$

$$V_n = \frac{1}{K} \frac{dV_z}{dr} , \quad (2)$$

де  $K = \frac{2 \cdot |\varepsilon|}{|V|}$ , розмірна постійна,  $m^{-1}$ ;  $V^2 = V_z^2 + V_n^2$  - повна швидкість частинки рідини,  $V_z$  - осьова та  $V_n$  - обертова складові швидкості потоку ( $V_z = \frac{dz}{dt}$ ,  $V_n = r \cdot \frac{d\varphi}{dt}$ ),  $\varepsilon$  - величина,  $r$  - його радіус.

Нехай для системи диференціальних рівнянь (1), (2) при  $r = R_{\delta.n}$  задані початкові умови

$$V_z = V_{z_0}, \quad V_n = V_{n_0} . \quad (3)$$

Тоді загальний розв'язок (1), (2) представляється у вигляді

$$V_n = C \cdot J_1(K \cdot r) + C_1 \cdot Y_1(K \cdot r) , \quad (4)$$

$$V_z = C \cdot J_0(K \cdot r) + C_1 \cdot Y_0(K \cdot r) , \quad (5)$$

де  $J_0(K \cdot r)$ ,  $Y_0(K \cdot r)$ ,  $J_1(K \cdot r)$ ,  $Y_1(K \cdot r)$  - функції Бесселя 1-го та 2-го роду відповідно нульового та першого порядків.

$C$ ,  $C_1$  - константи інтегрування

$$C = \frac{V_{z_0} \cdot Y_1(K \cdot R_{\theta.n}) - V_{n_0} \cdot Y_0(K \cdot R_{\theta.n})}{J_1(K \cdot R_{\theta.n}) \cdot Y_0(K \cdot R_{\theta.n}) - J_0(K \cdot R_{\theta.n}) \cdot Y_1(K \cdot R_{\theta.n})} \quad (6)$$

$$C_1 = \frac{V_{z_0} \cdot J_1(K \cdot R_{\theta.n}) - V_{n_0} \cdot J_0(K \cdot R_{\theta.n})}{J_1(K \cdot R_{\theta.n}) \cdot Y_0(K \cdot R_{\theta.n}) - J_0(K \cdot R_{\theta.n}) \cdot Y_1(K \cdot R_{\theta.n})} \quad (7)$$

де  $R_{\theta.n}$  - радіус всмоктувочого патрубка машини, м;  $R_{max}$  - максимальний радіус лунки розмиву, м.

Для проведення інженерних розрахунків по більш спрощених і зручних формулах, змоделюємо всмоктувочу трубу вихрових нитков, яка розміщена по осі OZ циліндричної системи координат.

Оскільки розв'язок (4) даної задачі з фізичних міркувань повинен бути обмеженим при  $r = 0$ , то будемо його шукати у вигляді

$$V_z = C \cdot J_0(K \cdot r). \quad (8)$$

Враховуючи (3), (8), отримуємо:

$$C = \frac{V_{z_0}}{J_0(K \cdot R_{\theta.n})} \quad (9)$$

Тоді маємо

$$V_z = V_{z_0} \cdot \frac{J_0(K \cdot R_{max})}{J_0(K \cdot R_{\theta.n})} \quad (10)$$

$$V_n = \frac{V_n}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{J_1(K \cdot R_{max})}{J_0(K \cdot R_{\theta.n})} \quad (11)$$

Коефіцієнт  $K$  знаходиться із розв'язку такого нелінійного рівняння

$$J_1(K \cdot R_{\theta.n}) + \operatorname{tg} \alpha \cdot J_0(K \cdot R_{\theta.n}) = 0, \quad (12)$$

де  $\alpha$  - кут, який характеризує інтенсивність крутки потоку.

Встановлено, що при  $\alpha = 65^\circ - 85^\circ$ ,  $R_{\theta.n} = 0,0625$  м, коефіцієнт  $K$  знаходиться в межах  $K = 44,8 \dots 39,85$ .

З експериментальних досліджень відомо, що максимальний

радіус ями, яка утворюється внаслідок розмивної дії гвинтового потоку навколо всмоктуючого патрубку складає

$$R_{max} = 0,30 \text{ м.}$$

Результати розрахунків рівнянь (10), (11) приведені на рис. 2 і 3. Із приведених залежностей видно, що при зміні  $K \cdot r$  від 2,5 до 10,5 осьова  $V_z$  та обертова  $V_n$  швидкості тричі змінюють свій знак, що вказує на вихровий характер потоку і велику його турбулентність, а це в свою чергу, сприяє інтенсифікації процесів розмиву мулястих наносів, пульпоутворення та направлення волно-грунтового потоку до гирла кінцевого патрубка машини.

Витрата пульпи в зоні розмиву знаходилась з виразу

$$Q_n = \frac{2\pi}{J_0(K \cdot R_{\theta,n}) \cdot Y_1(K \cdot R_{\theta,n}) - J_1(K \cdot R_{\theta,n}) \cdot Y_0(K \cdot R_{\theta,n})} \cdot \left\{ (V_{z_0} \cdot Y_1(K \cdot R_{\theta,n}) - (V_{n_0} \cdot Y_0(K \cdot R_{\theta,n})) [\Phi(R_{max}) - \Phi(R_{\theta,n})] + [(V_{n_0} \cdot Y_0(K \cdot R_{\theta,n}) - (V_{z_0} \cdot Y_1(K \cdot R_{\theta,n}))] \cdot [\Psi(R_{max}) - \Psi(R_{\theta,n})] \right\}. \quad (13)$$

де 
$$\Phi(r) = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{(-1)^t}{(t!)^2} \cdot \left(\frac{K}{2}\right)^{2t} \cdot \frac{r^{2t+2}}{2t+2}. \quad (14)$$

$$\Psi(r) = \int r \cdot Y_0(K \cdot r) \cdot dr. \quad (15)$$

Для спрощеної моделі процесу гідродинамічного розпушення отримаємо

$$Q_n = \frac{2\pi \cdot V_{z_0}}{J_0(K \cdot R_{\theta,n})} \left[ \Phi(R_{max}) - \Phi(R_{\theta,n}) \right]. \quad (16)$$

В нашому випадку, при  $R_{\theta,n} = 0,065 \text{ м}$ ,  $R_{max} = 0,30 \text{ м}$ ,  $V_{z_0} = 0,46 \text{ м/с}$ , маємо  $Q_n = 4,917 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Початкова обертова швидкість волно-грунтового потоку визначається із виразу

Крива зміни  $V_z / V_{z_0} = f(K \cdot r)$ :

I -  $\alpha = 65^\circ$ ; II -  $\alpha = 75^\circ$ ; III -  $\alpha = 85^\circ$

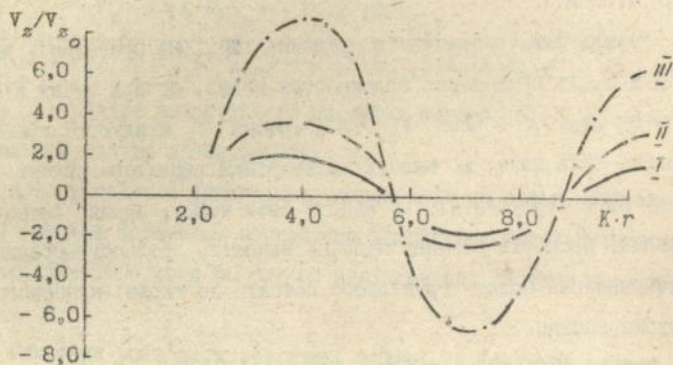


Рис. 2.

Крива зміни  $V_n / V_{n_0} = f(K \cdot r)$ :

I -  $\alpha = 65^\circ$ ; II -  $\alpha = 75^\circ$ ; III -  $\alpha = 85^\circ$

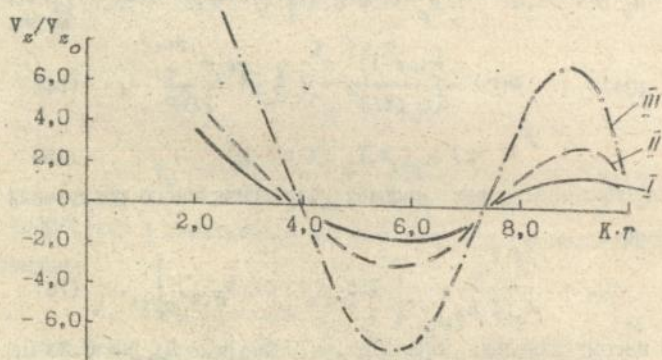


Рис. 3.

$$V_{n.o} = -W_{cp} \cdot \operatorname{tg} \alpha \frac{J_0(K \cdot R_{\theta.n})}{J_1(K \cdot R_{\max cp})} \quad (17)$$

По отриманій залежності проведені розрахунки, які показали, що при  $\alpha \approx 90^\circ$  початкова обертова швидкість  $V_{nO}$  прямує до нескінченності. Тому для практичного використання можна задавати  $\alpha = 83^\circ \dots 85^\circ$ , при цьому  $V_{nO} = 2,6 \dots 3,5$  м/с.

Створено математичну модель процесу вакуумного підйому пульси.

Отримано рівняння для визначення величини швидкості відкачки вакуумного насоса

$$Q_N = \frac{\omega}{\sqrt{1 + \sum_{\xi=1}^n \xi}} \sqrt{2g \left( \frac{P_{\text{вак}}}{\rho \cdot g} - H \right)} \quad (18)$$

де  $P_{\text{атм}}$  - атмосферний тиск, мПа;  $\rho$  - питома густина пульси, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $\sum_{\xi=1}^n \xi$  - сума гідравлічних опорів системи, м;  $\omega$  - площа поперечного перерізу забірного трубопроводу, м<sup>2</sup>,  $P_{\text{вак}}$  - вакууметричний тиск.

$$\sum_{\xi=1}^n \xi = \sum_{\xi=1}^n \xi_{\xi} + \lambda \frac{l}{d_{\text{тр}}} \dots$$

де  $\sum_{\xi=1}^n \xi_{\xi}$  - сума місцевих гідравлічних опорів системи;  $\lambda$  - коефіцієнт гідравлічних втрат.  $l$  - довжина забірного трубопроводу, м;  $d_{\text{тр}}$  - діаметр забірного трубопроводу, м.

Для того, щоб не відбувалось наповнення колодезя за рахунок подачі води необхідно, щоб продуктивність вакуумного насоса  $Q_N$  перевищувала подачу розмивної системи, тобто  $Q_N > Q_0$ . де  $Q_0$  подача води на розпушення, м<sup>3</sup>/с.

Тривалість відкачки об'єму пульси становить

$$T = \frac{W_N + t \cdot Q_0}{Q_N} \quad (19)$$

де  $t$  час подачі води, с.

Проведені розрахунки показали, що час відкачки становить 320...570 с при об'ємі наносів у відстійнику дренажного колодязя  $V_H = 0,3...0,6 \text{ м}^3$ .

З метою повторного використання мулової води проводиться її попереднє гравітаційне освітлення.

На основі методу Г.Н. Доброхотова встановлено що при оптимальному значенні консистенції пульпи  $k = 0,35$ , швидкість осідання її твердої фази складе  $V_{OC} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ .

Час осідання твердої фази пульпи становить 2...7 с при висоті шару наносів  $h = 0,06 \dots 0,2 \text{ м}$ .

Заключною технологічною операцією даного методу очищення є підготування наносів в муловому відсіці до їх утилізації в вигляді пульпи заданої консистенції. Попереднє розрідження наносів здійснюється у відсіці мулу машини.

Для визначення необхідної швидкості витікання розрідженого струменю із насадки  $V_o$  скористаємося формулою Г.Н. Абрамовича. Припускаючи, що  $x = l_{кр}$ , одержимо таку розрахункову формулу:

$$V_o = \frac{l_{кр} + 3,6 r_o}{12 r_o} \cdot V_{max} \quad (20)$$

де  $r_o$  - радіус вихідного перерізу насадки.

Обґрунтовано параметри процесу розрідження наносів.

Рівняння матеріального балансу для пульпи при умові повного перемішування по всьому об'ємі ємкості має вид

$$W_p \frac{dC}{d\tau} = -Q \cdot C, \quad (21)$$

де  $W_p, W_H$  - відповідно максимальні об'єми пульпи і її твердої фази в ємкості,  $\text{м}^3$ ;  $C$  - консистенція твердих часток в пульпі;  $Q$  - витрата потоку робочого реагенту,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\tau$  - по-

точний час, с.

Середня консистенція твердих часток знаходиться з виразу

$$C_{сер} = \left( \frac{Q}{V_p} \right) \cdot \int_0^{\tau_{сер}} C \cdot d\tau = \frac{W_n}{W_p} \quad (22)$$

Така консистенція досягається в ємкості за час  $\tau_{сер} = \frac{Q}{W_p}$ .

З врахуванням вищеприведеного, розв'язок (22) при початкових

умовах при  $\tau = \tau_{сер}$   $C = C_{сер}$  приймає вигляд

$$C = C_{сер} \cdot e^{1-\alpha\tau},$$

де

$$\alpha = \frac{Q}{W_p}$$

Отримано залежність для визначення оптимального часу задержки відкриття засувки виливного трубопроводу

$$\tau_{opt} = \frac{W_p}{Q} \cdot (1 - \ln \rho), \quad (23)$$

$$\text{де } \rho = \frac{C_{доп}}{C_{сер}}$$

Для більш швидкого опорожнення ємкості можна не проводити повного розрідження наносів, а здійснити їх місцеве розрідження в зоні виливу до заданого значення  $C_{доп}$ . З цієї ціллю введення робочої рідини в ємкість потрібно здійснювати в найбільш витягнутій площині, яка розсікає тіло наносів і проходить через зливний отвір. При такому підході прискорений вилив наносів буде здійснюватися практично без застійних зон.

Вивчення зміни консистенції пульпи в напрямку потоку робочої рідини:

$$\frac{dC}{d\tau} + \frac{V}{L_{max}} \cdot C = 0, \quad (24)$$

де  $L_{max}$  - максимальна віддаль від місця вводу робочої рідини до місця виливу розріджених наносів м;  $V$  - лінійна швидкість

поток в зоні виливу м/с.

Розв'язавши (24) при початковій умові  $C = 1$  при  $\tau = 0$ , одержимо:

$$C = e^{-\frac{V_{max}}{L_{max}} \cdot \tau} \quad (25)$$

Порівняння двох розглянутих технологічних процесів розрідження утилізованих наносів показало, що процес часткового розрідження є більш доцільним, так як гідрозасувка виливного трубопроводу може відкриватись практично одночасно (через 0,4 с) з початком подачі робочого реагенту до насадки-розпушувача змивної системи, тоді як при повному розрідженні цю операцію можна здійснити тільки через 20 с.

Оптимізація параметрів відсіку мулової води машини для очищення дренажних колодязів МОК-10 проводилась з врахуванням ряду суперечливих факторів. З однієї сторони, недостатня ємність цистерни веде до простою машини та втрат від зниження її продуктивності. А будівництво великої цистерни підвищує вартість машини, погіршує її транспортування та маневренність.

Час простою машини визначиться з формули:

$$t = \begin{cases} 0; & W \geq q \cdot \tau; \\ \tau - \frac{W}{q}; & W < q \cdot \tau; \end{cases} \quad (26)$$

де  $W$  - місткість (ємність) цистерни,  $m^3$ ;  $\mu$  - середній час роботи машини між двома зупинками, год;  $T$ ,  $\tau$  - відповідно середня тривалість та тривалість простою машини, год.;  $f(t)$  - щільність розподілу тривалості простою;  $C$  - затрати через простій машини за одиницю часу в крб/год;  $i$  - затрати на зберігання в запасі одиниці маси технологічної рідини за одиницю часу, крб/ $m^3 \cdot$ год;  $q$  - витрата технологічної рідини

(витрета насосу),  $\text{м}^3/\text{год}$ .

На основі оптимізації отримуємо

$$V_{\text{опт}} = \tau \cdot q \cdot \ln \frac{C}{t \cdot \mu \cdot q} \quad (27)$$

При  $\tau = 1,05$  год,  $q = 200 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $C = 30,14$  крб (в цінах 1984р.),  $t = 0,343$  крб/ $\text{м}^3 \cdot \text{год}$ ,  $\mu = 0,425$  год отримали  $V_{\text{опт}} = 6,9 \text{ м}^3$ .

В третьому і четвертому розділах приведені методика і результати експериментальних досліджень по обґрунтуванню основних технологічних параметрів процесу гідромеханізованого очищення дренажних колодязів з повторним водовикористанням, вивчення картини фізичного впливу гідравлічної струмнини на мулові наноси в підводному висоті в обмеженому просторі відстійника дренажного колодязя і дослідження змін гідравлічних і технологічних параметрів такого впливу. Дані дослідження проводились на лабораторній установці (рис.4), яка складається з основи 1 з робочим органом 27 (гідророзпушувачем), макета відстійника дренажного колодязя 28 з наносами 29, який змонтований на нерухомій основі 30, яка одночасно служить ємкістю для води.

Гідророзпушувач 27 через забірний трубопровід 24, гвинтову засувку 23 і грусу 22 з'єднується з ємкістю 21, яка розділена стінкою 44 на відсіки мулу "А" і мулової води "Б".

Вакуумна установка стенду складається з асинхронного електродвигуна 4, муфти 5 і вакуумного насоса 6; трубопроводів 8 і 14, з кранами 10 і 15, а також із зворотнім клапаном 9 та вакууметрами 11 і 16.

Розмивання наносів 29 в колодязі здійснюється зі допомогом водяних потоків, які утворюються в соплах гідророзпушувача 27 при подачі води насосом 41. У відсіках ємкості 21

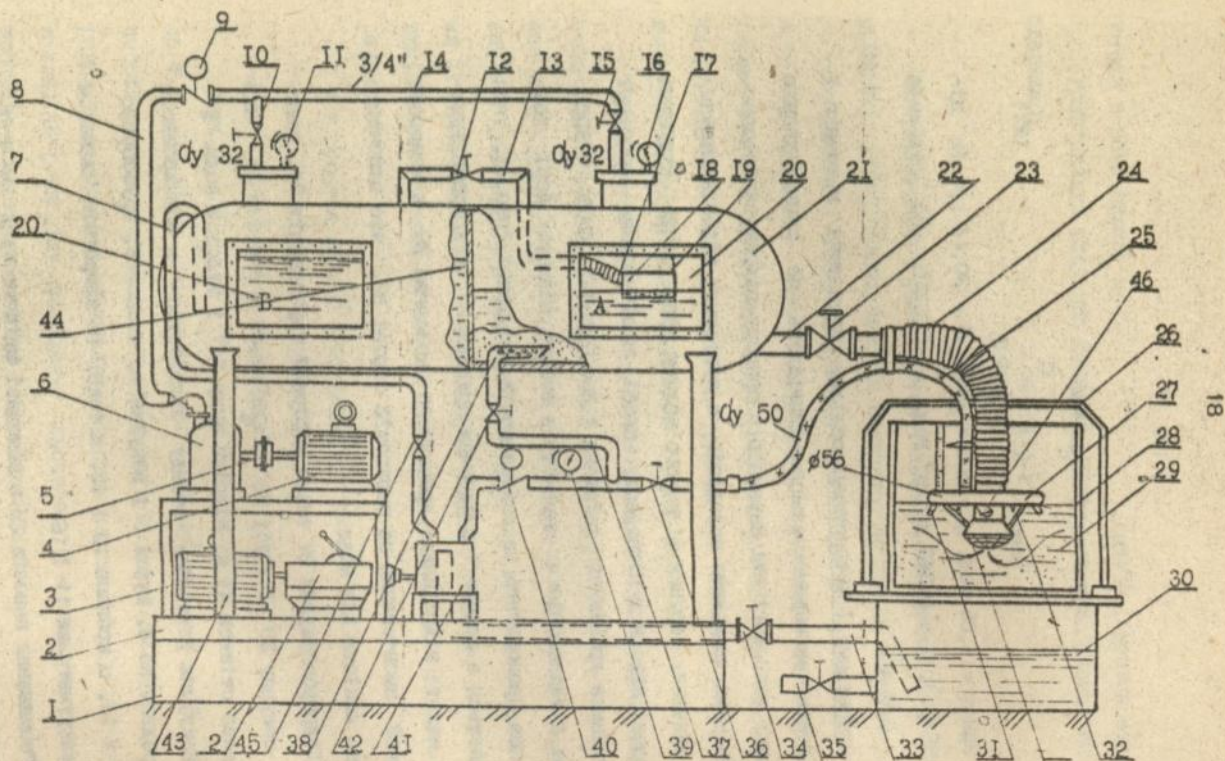


Рис. 4. Лабораторний стенд для дослідження єдиного технологічного процесу очищення дренажних колодязів

встановлені вікна 20 для нагляду за робочими процесами.

Заміри параметрів розмивного потоку проводились кульовою п'ятиканальною трубкою (зондом). Витрата рідини в забірному трубопроводі визначалась об'ємним методом. Час перевантаження рідини фіксувався секундоміром БІСД. Після цього втраховувались витрати рідини в забірному трубопроводі.

Необхідне число дослідів визначалось за допомогою критерія Стюдента.

Відтворенність результатів експериментів перевірялась за допомогою критерія Кохрена.

Адекватність експериментальних даних теоретичним передумовам перевірялась за допомогою критерія Фішера.

В результаті досліджень встановлено, що кут встановлення насадки до вибою становить  $\alpha_n = 45^\circ$ , максимальний радіус ями розмиву складає  $R_{max} = 0,30$  м, при досягненні потоком швидкості  $V_n = 0,1$  м/с спостерігається початок відриву частинок ґрунту від масиву. Швидкість потоку в колодязі  $V_{max}^0 = 0,86$  м/с, що дає змогу розпушувати всі типи ґрунтів, які попадають у відстійники дренажних колодязів. Максимальна концентрація спостерігається в центральній частині водно-ґрунтового потоку і становить  $C = 0,35$ . Для запропонованих параметрів машини і гідророзпушувача швидкість потоку в колодязі становила  $V_{max} = 0,7 \dots 0,9$  м/с. Час вакуумного забору пульпи склав  $T_n = 325 \dots 570$  с при об'ємі пульпи  $V_n = 0,3 \dots 0,6$  м<sup>3</sup>. Тривалість осідання твердої фази пульпи в відсіці мулу в процесі освітлення пульпи склала 15 ... 35 с. при діапазоні концентрації пульпи  $C = 0,2 \dots 0,3$ . При умові часткового розрідження мулових наносів до оптимальної концентрації ( $C_{opt} = 0,37$ ) їх утилізація проводилась практично відразу ж після подачі робочого реагенту до насадки - розпушувача

змивної системи машини.

В п'ятому розділі приведено результати виробничих випробувань розробленої технології, які проводились на Львівській та Білоруській машиновипробувальних станціях, Дана її техніко-економічна оцінка.

Річний економічний ефект від впровадження запропонованої технології склав 5095 крб. на одну машину в цінах 1984 року.

#### Загальні висновки

1. Проведений аналіз методів очищення дренажних колодязів показав, що найбільш універсальною і продуктивною є технологія, що базується на гідродинамічному розпуванні мулових наносів та вакуумному заборі пульпи.

2. З метою вдосконалення технології гідромеханізованого очищення дренажних колодязів з повторним водовикористанням розроблено нове технічне рішення на рівні винаходів, котре дозволяє покращити умови розробки мулових наносів в відстійнику дренажного колодязя, вакуумного підйому пульпи та утилізації наносів.

3. В результаті аналітичних досліджень:

- одержана математична модель єдиного технологічного процесу очищення дренажних колодязів з повторним водовикористанням;

- визначені технологічні параметри основних процесів і геометричні параметри відсіку мулу і гідророзпушувача, які характеризуються наступними параметрами: початкова обертова швидкість вихрового потоку -  $V_{п.в.} = 0,36$  м/с; витрата пульпи в лунці розмиву -  $Q_n = 4,917 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>/с; середньозважена гідравлічна крупність наносів -  $W_{cp} = 0,28$  м/с при граничній концентracії потоку пульпи  $P_{cp} = 35\%$ ; оптимальна віддаль від

сепел гідророзпушувача до кінцевого патрубка забірною трубопроводу - 0,23 м; кут устенки сепел до поверхні мулових наносів і повздожньої осі кінцевого патрубка. близький до  $45^{\circ}$ ; час відкачки пульпи -  $T = 320 \dots 570$  с, при об'ємі наносів  $V_n = 0,3 \dots 0,6$  м<sup>3</sup>; швидкість осідання твердої фази наносів -  $V_{oc} = 3 \cdot 10^{-3}$  м/с.

При використанні часткового розрідження осаду гідрозасувка виливного трубопроводу відкривалась практично одночасно з початком подачі робочого реагенту до насадки - розпушувача змивної системи машини, тоді як при повному розрідженні цю операцію можна здійснити тільки через 20 с.

4. Експериментальні дослідження єдиного процесу гідромеханізованого очищення дренажних колодязів виконані в умовах напівпромислового експерименту показали, що значення технологічних параметрів процесу, одержані аналітичним шляхом, відрізняються від експериментальних даних на 5-9%. Це підтверджує правильність теоретичних висновків, прийнятих допущень і достатність для практичних цілей запропонованих методів розрахунку.

5. Розроблена технологія ввійшла в "Державну міжгалузеву науково-технічну програму НТП-86-90р. "Шифр програми: 0.52.01 та в "Систему машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва на 1985 - 1995 г. ч.ІІІ. "Мелиорация", МОК М5.3.05. Сумарний річний економічний ефект на сім машин склав 123 тисячі 158 крб. в цінах 1991 року.

Основні положення дисертації викладені в таких роботах:

1. А.с. 1730372 СССР, МКИ Е 03 А 7/10. Устройство для рыбления ила в колодцах/ А.А.Сиротинский и др. (СССР). - № 4471290/33; Заявлено 08.08.88; Опубл. 30.04.92. Бюл. № 16.

2. А.с. 1736218 СССР, МКМ Е ОЗ А 7/10. Машина для очистки дренажных колодцев / А.А.Сиротинский и др. (СССР)- № 4184969/29.

3. А.с. 1742427 СССР, МКИ Е ОЗ А 7/10. Машина для очистки дренажных колодцев / А.А.Сиротинский и др. (СССР)- № 4375086/33.

4. Долид М.А., Майструк С.П., Сиротинский А.А., Назарец В.К. Что способствует заилению смотровых колодцев на дренажных системах. //Мелиорация и водное хозяйство. - 1988. - № 11. - с. 39.

5. Сиротинський О.А. Результати випробувань нової машини для очищення дренажних колодязів МОК-10. - Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Вип.19 - Львів: Світ. С. 92 - 94.

6. Сухирев Е.О., Сиротинський О.А. Параметри технологічного процесу підготовки утилізованих наносів для їх розкидання по полю у вигляді пульпи заданої консистенції. - Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Вип. 20 - Львів: Світ. С. 113 - 118.

7. Сиротинський О.А. Математичне моделювання процесу гідродинамічного розпушення мулових наносів в обмеженому просторі дренажного колодязя. - Рівне, 1993. - 14 с. - Рукопис деп. в ДНТБ України. 15.12.93р., № 2442 - Ук 93.

8. Сиротинский А.А., Майструк С.П. Машина очистки дренажных колодцев МОК-10. Научно-технические достижения, рекомендуемые для использования в мелиорации и водном хозяйстве: Каталог паспортов. - М.: ЦНТИ, - Бип. II. - С. 12.

9. Майструк С.П., Сиротинский А.А., Кузьминский В.А. Машина очистки дренажных колодцев МОК-10. - Ровно: ИТ ЦНТИ, 1999. - с. 9.

10. Сиротинский А.А. Заилнение дренажных колодцев; Тез. докл. - Ровно, 1987. - С. 24.

11. Сиротинский А.А., Майструк С.П., Долид М.А. Заилнение смотровых колодцев на дренажных системах Полесья: Тез. докл. Всесоюз. научн.-практич. конф. молодых ученых.- М.: ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.И.Костякова, 1989.- С. 135 - 136.

12. Сиротинский А.А., Майструк С.П. Технология механизированной очистки дренажных колодцев с повторным водооборотом. В кн.: Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве: Тез. докл. Респ. научн.-техн. конф., г.Новочеркасск, 1989. - Ч. I. С. 79 - 80.

13. Майструк С.П., Сиротинский А.А., Харченко Б.И. Механизация очистки дренажных колодцев: В кн.: Тезисы докладов и сообщений конференции: "Достижения мелиоративной науки - производству" - Ровно, 1988. С.34 - 35.

14. Сиротинский А.А. Рабочий орган машины по очистке дренажных колодцев МОК-10.- В кн.: Тез. докл. научн.-технич. конф.: " Вопросы мелиорации и сельского строительства на Дальнем Востоке".- Уссурийск, 1989. С. 54 - 55.

15. Майструк С.П., Сиротинский А.А. Оптимизация процесса гидромеханического удаления наносов из отстойников дренажных колодцев. - В кн.: Материалы конференции: " Новые технические решения при производстве мелиоративных работ."- Ровно, 1992, С.117- 118.

16. Сухарев Е.О., Сиротинський О.А. Обґрунтування параметрів струмін направляючого трубопроводу гідророзпушувача машини для очищення дренажних колодязів МОК-10.- В кн.: Тези доповідей науково-технічної конференції. - Рівне, 1992, С.38 - 39.

Сиротинский А.А. Разработка и внедрение технологии гидромеханизированной очистки дренажных колодцев мелиоративных систем с повторным водопотреблением.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 06.01.02 - мелиорация и орошаемое земледелие, Украинский ин-т инж. водного хозяйства, Ровно, 1994. Защищается 16 научных работ, в т.ч. 3 авторских свидетельства, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования процесса гидромеханизированной очистки дренажных колодцев мелиоративных систем с повторным водопотреблением. Установлено, что данный метод очистки является наиболее приемлемым и экономически выгодным. Осуществлено внедрение разработанной технологии и средства очистки колодцев, приводятся данные о их эффективности в процессе эксплуатации.

Syrotinsky A.A. Elaboration and bases parametres hydromechanical refine of the drainage wells reclamation systems repeated water consumption.

Thesis for a candidater degree of technical science on speciality 06.01.02. Reclamation and agricultural irrigation, Ukrainian Institute of Water Management Engineers, Rivne, 1994. There are supporting 16 scientific works, in the 3 authors certificates which include theoretical and experimental investigation of hydromechanical refine of the drainage wells reclamation systems repeated water consumption.

It's proved that hydromechanical refine method is the most acceptable and remunerative. The thesis also concerned with the results of effect during the exploitation of the installation technology.

Ключові слова: гідромеханізоване очищення, дренажний колодязь, меліоративна система, повторне водовикористання.

Підписано до друку 24.10.94  
 Формат 60x84 0 I/16 Обсяг 1.0 др.арк.  
 --Замовлення 299 Тираж 120 примірни  
 Рівне, Сибірна, II, УІІВР