

ЛУЦЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

на правах рукопису

Тлорук Євген Іванович



ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ПРОЧИЩАННЯ ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ
ГІДРОМЕХАНІЧНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

05.20.01 - Механізація сільськогосподарського
виробництва

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Луцьк - 1997

№ 38 068

ННБ України ім. В. Стефаника



00751182 (O)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській державній академії водного господарства (м. Рівне).

Науковий керівник - член кореспондент АБУ, кандидат технічних наук, професор Сухарев Едуард Олександрович

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор Вулгаков Володимир Михайлович
- кандидат технічних наук Бодак Володимир Іванович

Провідна організація - Науково-дослідний інститут "Укрводпроект" (м. Київ)

Захист відбудеться " 3 " липня 1997 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.01.02 по захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук при Луцькому індустріальному інституті за адресою: 263018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75, аудиторія 361.

Просимо взяти участь в роботі ради, або надіслати ваш відгук на автореферат у 2-х примірниках завірення печаткою.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці ЛІІ (вул. Львівська, 75).

Автореферат розіслано " 3 " червня 1997 року

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, кандидат технічних наук

В.Ф. Ілдух

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Труби великого діаметру в народному господарстві в основному використовуються при будівництві регулюючих гідротехнічних споруд на меліоративних системах, трубчастих мостів на автомобільних та залізничних дорогах.

Програмою Держводгоспу України (Т-401) на 1994 - 2000 р. передбачена розробка типових конструкцій та технологія будівництва гідротехнічних споруд для регулювання стоку річок та гідравлічного режиму каналів.

Трубчасті переїзди є однією з основних гідротехнічних споруд на меліоративних системах.

Важливою умовою підвищення техніко-економічної ефективності роботи трубчастих переїздів є дотримання основного принципу - попередження пошкоджень шляхом проведення систематичних ремонтно-профілактичних міроприємств, при яких операції по очищенню труб від замулення являються основними.

Аналіз вітчизняної та зарубіжної практики прочищення трубчастих переїздів показав, що до теперішнього часу немає високопродуктивних технологій та засобів прочищення.

Мета роботи. Вдосконалення технологічного процесу прочищення трубчастих переїздів шляхом оптимізації конструктивно-технологічних параметрів гідромеханічного робочого органу.

Об'єкти досліджень. Технологічний процес прочищення трубчастих переїздів гідромеханічним способом і робочий орган для його здійснення.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження виконані з використанням диференціального, інтегрального та варіаційного числення.

Експериментальні дослідження, які проведені за допомогою експериментальної лабораторної установки, та дослідних зразків робочих органів, здійснені з застосуванням тензометричних вимірювань та методів математичної статистики.

Наукова новизна. На основі досліджень технологічного процесу гідромеханічного прочищення трубчастих переїздів від мулових наносів встановлені його основні закономірності, розроблені математичні моделі процесу прочищення, отримані експериментальні та теоретичні залежності, створена методика визначення параметрів гідромеханічного робочого органу, які забезпечують його ефективне здійснення.

Новизна технічних рішень, використаних в роботі, підтвердже-

на патентом Російської Федерації № 2028839.

Практична цінність роботи. Розроблено і досліджено новий гідромеханічний робочий орган для прочищення трубчастих переїздів, використання якого дозволяє підвищити продуктивність праці в 2,15 рази в порівнянні з існуючим йоржовим робочим органом.

Основні положення, що виносяться на захист:

1. Закономірності технологічного процесу прочищення трубчастих переїздів гідромеліоративних систем.

2. Вплив конструкції гідромеханічного робочого органу на процес пульпоутворення в зоні всмоктування при прочищенні трубчастих переїздів.

3. Математичні моделі, експериментальні та теоретичні залежності, методика для визначення основних параметрів гідромеханічних робочих органів.

Реалізація результатів досліджень. Створений за результатами досліджень експериментальний зразок машини для прочищення трубчастих переїздів з гідромеханічним робочим органом пройшов виробничі випробування на відкритих осушувальних системах Рівненської області України. Випробування підтвердили працездатність і ефективність гідромеханічного робочого органу.

Економічний ефект від впровадження склав

Апробація роботи. Результати роботи доповідались на науково-технічних, науково-практичних конференціях та семінарах: Науково-технічна конференція "УІІВГ- 70 років" (м. Рівне, 1992); Міжнародна науково-технічна конференція з питань розвитку механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин (м. Глеваха, 1994); Міжнародна науково-технічна конференція з питань розвитку механізації, електрифікації, автоматизації та технічного сервісу АПК в умовах ринкових відносин (м. Глеваха, 1995); Квілійна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу та студентів УІІВГ, (м. Рівне, 1995); Друга науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів та студентів УДАВГ (м. Рівне, 1996); науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів та студентів УДАВГ (м. Рівне, 1997); на розширеному засіданні кафедри будівельних і меліоративних машин (м. Рівне, 1997).

Публікації результатів. По темі дисертації опубліковано 11 друкованих праць, в тому числі патент Російської Федерації і розділ в навчальному посібнику "Основи теорії машин для обслуговування меліоративних систем" (Київ, 1994 р.).

Структура та об'єм дисертаційної роботи. Робота складається

із вступу, п'яти розділів, які включають 7 таблиць і 60 рисунків, висновків, списку літератури із 157 найменувань, які викладені на 192 сторінках і додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульована мета роботи та основні положення, що виносяться на захист.

В першому розділі виконаний аналіз і узагальнення сучасного стану в області експлуатації (прочищення) трубчастих переїздів. Проведені дослідження дозволили встановити наступне: із загальної кількості обстежених трубчастих переїздів 95% замулені, при цьому на долю природнього замулення приходить 93% від загальної кількості, а частка штучного та інших забруднень складає до 7%; при цьому висота шару наносів досягає 0,20...0,5 м, з рівнем води 0,15...0,3 м; встановлені основні причини замулення трубчастих переїздів. Інтенсивність замулення переїздів, влаштованих на глиняно-пісчаних ґрунтах в 1,3...1,5 рази вища, ніж на торф'яниках середньої потужності. Показник неоднорідності наносів склав (d_{60} ; d_{10}) = (4,15 - 36,7), це вказує на те, що вони представлені в основному суглинистими, супісчаними і пісчаними ґрунтами. Наноси характеризуються такими параметрами: вологість 50 - 60%; щільність укладання 1,2...1,9 г/см³; об'ємна маса твердої фази 1370...1682 кг/м³; коефіцієнт абразивності 1,3...1,5; пористість 43...65%; коефіцієнт пористості 0,9...1,06; щеплення 0,001...0,47 кгс/см².

Аналізом динаміки патентування і оцінкою тенденцій розвитку техніки по питанню розробки і вилучення наносів встановлено, що найбільш раціональним є гідромеханічний робочий орган з фрезерними розпушувачами, лопативою мішалкою і струминною насадкою - зрошувачем.

Пошуком не виявлено промислового освоєння робочих органів для прочищення трубчастих переїздів.

Аналізом науково-технічної літератури встановлено, що дослідженням технологічних процесів з розробкою ґрунтів присвячені роботи К.А.Артем'єва, В.Л.Баладінського, В.І.Баловнева, В.М.Булгакова, Ю.О.Ветрова, В.І.Виноградова, В.П.Горячкіна, В.А.Желіговського, А.М.Зеленіна, В.А.Зотова, Г.П.Ільїна, А.А.Кисленко, В.В.Ковальова, Б.Ф.Кулика, А.С.Кушнар'єва, С.П.Огороднікова, Д.І.Федорова, Г.А.Хайліса, Л.М.Холодова, М.М.Шумкова та інших. Фундаментальним дослідженням затоплених струмин присвячені робо-

ти вчених Н.Н.Абремовича, Е.А.Замаріна, В.М.Макавєєва, А.Н.Міловича, М.І.Лойцяньського, Н.Н.Кременецького, І.М.Коновалова, Д.В.Рощупкіна, М.І.Гуревича та інших. Ними встановлено цілий ряд важливих закономірностей. Проте не всі згадані процеси вивчені досконало. Ретельного вивчення потребує технологічний процес прочищення трубчастих переїздів гідрсмеханічним робочим органом.

З врахуванням викладеного у відповідності з темою дисертаційної роботи визначені наступні задачі досліджень.

1. Встановити основні закономірності технологічного процесу прочищення трубчастих переїздів гідромеханічним робочим органом.

2. Обґрунтувати параметри технологічного процесу прочищення трубчастих переїздів гідромеханічним робочим органом.

3. Розробити математичні моделі та методику для визначення параметрів гідромеханічних робочих органів для прочищення трубчастих переїздів.

4. Визначити енергетичні показники процесу прочищення гідромеханічним робочим органом.

В другому розділі проведений теоретичний аналіз процесу прочищення трубчастих переїздів гідромеханічним робочим органом

Моделюючи процес руйнування наносів зубчастими лемішами, виходили з того, що форма вирізу між зубами лемеша повинна бути такою, щоб на лезі вирізу відбувався чистий зріз рослинних включень. Цього можна досягти, якщо відбувається ковзне різання зі сталим коефіцієнтом:

$$\varepsilon = \operatorname{tg} \tau = \frac{V_t}{V_n}, \quad (1)$$

де τ – кут ковзання; V_t і V_n – дотична і нормальна складові швидкості лемеша.

Форма різальної кромки міжзубового вирізу описується рівнянням логарифмічної спіралі.

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{\theta \operatorname{ctg} \tau}, \quad (2)$$

де ρ і θ полярні координати довільної точки на міжзубовому вирізу лемеша; ρ_0 – початковий радіус вирізу лемеша.

Якість процесу пульпоутворення істотно залежать від характеру відносного руху зрізуваних частинок наносів по лемішу (рис.1). На частинку M діють сили: ваги mg ; нормальна реакція N і сили інерції – переносна F і коріолісова – Q .

Наближені диференціальні рівняння руху частинки наносів по лемішу наберуть вигляд:

$$\begin{cases} \ddot{x} = \omega^2 x + 2\omega y \cos \delta_0 + g; \\ \ddot{y} = \omega^2 y - 2\omega x; \\ \ddot{z} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

де ω - кутова швидкість обертання вала фрези, δ_0 - кут нахилу площини лемеша до площини XOY .

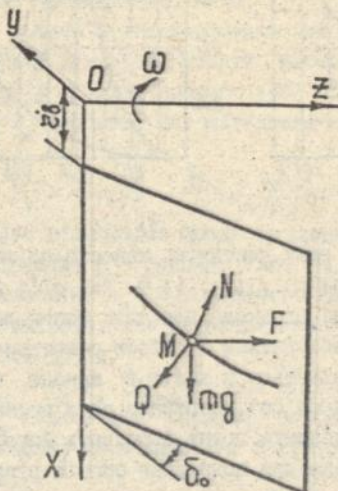


Рис.1. Схема до складання рівнянь руху частинки наносів по лемішу

Розв'язавши систему нелінійних диференціальних рівнянь (3) на ЕОМ при $\delta_0 = 30^\circ$; $\omega = 2\pi \cdot 10 \text{ c}^{-1}$, дістали графічні залежності $x = f_1(t)$, $y = f_2(t)$ (рис.2).

Аналіз графіків показав, що частинка наносів залишає леміш в напрямі осі oy через $0,11 \text{ c}$ ($\omega = 2\pi \text{ c}^{-1}$); $0,042 \text{ c}$ ($\omega = 10\pi \text{ c}^{-1}$). При цьому значення x відповідно дорівнюють $0,09$; $0,055 \text{ м}$; $V_x = 0,98$; $1,15 \text{ м/с}$; $V_y = 0,78$; $1,70 \text{ м/с}$.

Отже, зі збільшенням кутової швидкості від 2π до $10\pi \text{ c}^{-1}$ частинка залишає леміш у 2,6 рази швидше; її зміщення по осі Oz скорочується з $0,09 \text{ м}$ до $0,055 \text{ м}$, а абсолютна швидкість надходження на лопать фрези збільшується з $1,25$ до $3,22 \text{ м/с}$.

Таким чином, на ділянки лопаті фрези радіуса $r < 0,09 \text{ м}$ ($\omega = 2\pi \text{ c}^{-1}$) та $r < 0,055 \text{ м}$ ($\omega = 10\pi \text{ c}^{-1}$), розроблювані наноси з лемеша не надходять. Ці вільні від ґрунту ділянки можуть бути використані для створення вікон, через які проходитимуть турбулентні струмені технічної води для прискорення процесу пульпоутворення.

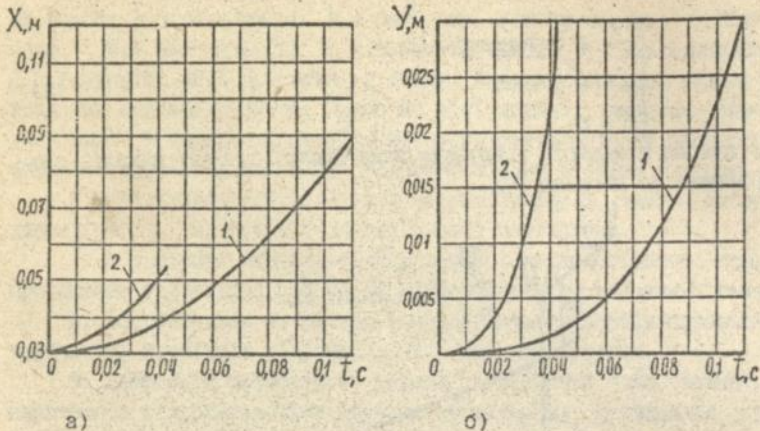


Рис.2. Траекторія руху частинок наносів по лемішу:

а) $x = f_1(t)$; б) $y = f_2(t)$; 1) $\omega = 2\pi \text{ с}^{-1}$; 2) $\omega = 10\pi \text{ с}^{-1}$.

Швидкість різання не однакова для всіх точок леміша. У центрі обертання її вектор збігається з віссю обертання. Тому в цій точці робочий орган вдавляється в забій і наноси зминаються. Для розробки ґрунту за напрямом осі обертання слід встановити перка, які розсувають або подрібнюють ґрунт і подають його на леміші.

Потужність, необхідна для подолання опорів різання лемешами фрези визначалась за формулою:

$$N_1 = \varphi \cdot m_{сб} \cdot z \cdot h \cdot \omega (r_1 + r_2 + \dots + r_n), \quad (4)$$

де φ - коефіцієнт впливу кута різання; r_i - відстань від середини зуба до осі обертання; $m_{сб}$ - коефіцієнт, який характеризує питомий опір ґрунту руйнуванню; z - довжина різальної частини зуба.

Енергомісткість різання зубчастими лемешами значно низька, це пояснюється тим, що в бокових частинах прорізу питома сила різання менша, ніж у лобовій частині.

Потужність, необхідна для подолання опору вдавливання опорної поверхні лемеша у наноси під дією зусилля подачі має вигляд

$$N_{под} = F_{под} \cdot h \cdot V_{пр} \cdot Z_A, \quad (5)$$

де $F_{под}$ - питома сила опору подачі, Мн/м; $V_{пр}$ - швидкість проходження робочого органу в трубі, м/хв; h - товщина стружки.

Створено математичну модель вдавливання конічного перка в наноси. Загальна сила, необхідна для переміщення конічного перка в середовищі наносів, визначиться :

$$Q = \iint_{0,0}^{r,2\pi} dq_t = 2\pi \cdot k \cdot r^3 \cdot \sin(\alpha_k + \varphi) / (3 \cdot \sin \alpha_k \cdot \cos \varphi), \quad (6)$$

де r – радіус основи конуса; dQ_t – елементарна горизонтальна сила необхідна для подолання сил нормального тиску і тертя; k – коефіцієнт пропорційності; φ – кут тертя; $2\alpha_R$ – кут при вершині конуса.

Потужність, витрачена на подолання перком опору наносів

$$N_{пер} = Q \cdot V_{пр} \quad (7)$$

де $V_{пр}$ – швидкість проходження, м/хв.

Моделюючи процес пульпоутворення виходили з того, що найкращу транспортуючу здатність лопаті мають в тому разі, коли їх поверхня виконана у вигляді прямого (або косою) гелікоїда.

Опір зсуву P_x наносів, які містяться на лопаті, в ословому напрямі:

$$P_x = \pi \cdot h \cdot (R_{\Phi}^2 - r_b^2) \cdot \rho_n \cdot g \cdot \text{tg} \mu / \cos \alpha_{л} \quad (8)$$

де R_{Φ} , r_b – радіус відповідно фрези та приводного вала; h – товщина зрізуваної стружки; ρ_n – густина наносів, кг/м³; μ – кут внутрішнього тертя наносів; $\alpha_{л}$ – кут підняття гвинтової лінії лопаті.

Середня потужність, яка витрачається на переміщення зрізаних наносів вздовж осі фрези,

$$N_{лоп}^H = z_{л} \cdot P_x \cdot (V_{сер} + \cos \alpha_{л} \cdot \text{tg} \delta \cdot V_{усер}), \quad (9)$$

де $V_{сер}$ і $V_{усер}$ – відповідно середня осьова та середня колова швидкість переміщення маси наносів; δ – кут тертя сталі об наноси; $z_{л}$ – число лемешів.

Динаміка переходу глинистих наносів, які рухаються по транспортувальній лопаті без фільтраційних отворів, до рідкої фази пульпи є прямопропорційна до зменшення поверхні глинистих включень в розмиваних наносах, тобто

$$\frac{dF_r}{dt} = -K_r \cdot F_r \quad (10)$$

де F_r – площа поверхні глинистих включень у незруйнованому стані; K_r – коефіцієнт швидкості диспергування.

Маса диспергованих глинистих наносів

$$M_{г.дис} = M_{г.вих} (1 - e^{-K_r t}) \quad (11)$$

Ступінь добування ϵ_r глинистих включень до пульпи:

$$\epsilon_r = M_{г.дис} / M_{г.вих} = 1 - e^{-K_r t} \quad (12)$$

З рівняння видно, що процес диспергування наносів описується експоненціальною кривою.

Створено математичну модель процесу пульпоутворення на перфорованій транспортувальній лопаті. В основу розрахунків покладено експериментальну величину q_{Φ} – питому фільтрацію, котра визначає, яка маса наносів фільтрується у вигляді пульпи через 1 м² робочої поверхні перфорованої лопаті за 1с.

Кількість відфільтрованих наносів $d\Pi$ на нескінченно малій довжині лопати dL визначається по залежності:

$$d\Pi = -dQ, \quad (13)$$

де dQ – зміна подачі наносів по довжині лопати.

Маса наносів, яка витрачена на утворення пульпи та відфільтрована через перфоровану лопать:

$$Q = \int_0^{1-b} \left[Q_{\max} - h_{\text{л}} \left[a \cdot (R_{\text{ф}} - r_b) (1 - b) \right] \right], \quad (14)$$

де $b < 1$ – безрозмірний коефіцієнт; Q_{\max} – початкова подача наносів на лопать, кг/с. $h_{\text{л}}$ – довжина лопати; $R_{\text{ф}}$ і r_b – відповідно радіус фрези і вала; $a_{\text{л}}$ – розмірна стала.

Згідно з лопатевою теорією гребного гвинта транспортувальні лопаті фрези при її примусовому обертанні в рідкому середовищі (пульпі) створюють, по-перше, додаткову рушійну силу $P_{\text{руш}}$, по-друге, закручений потік з крутним моментом $M_{\text{кр}}$, який відповідає диспергуванню наносів:

$$P_{\text{руш}} = K_1 \cdot \rho_n \cdot D_{\text{ф}}^4 \cdot n_{\text{ф}}^2; \quad (15)$$

$$M_{\text{кр}} = K_2 \cdot \rho_n \cdot D_{\text{ф}}^3 \cdot n_{\text{ф}}^2, \quad (16)$$

де K_1 – коефіцієнт упору; K_2 – коефіцієнт моменту; $D_{\text{ф}}$ – діаметр фрези; ρ_n – густина пульпи.

Потужність, яка витрачається транспортувальними лопатами на створення упору і закручування потоку,

$$N_{\text{ЛОП}} = \rho_n \cdot D_{\text{ф}}^5 \cdot n_{\text{ф}}^3 \cdot (K_1 \cdot \lambda_p + 2\pi \cdot K_2), \quad (17)$$

де $\lambda_p = V_{\text{пр}} / (D_{\text{ф}} \cdot n_{\text{ф}})$

При моделюванні процесу перемішування пульпи враховувалось те, що він відбувається при невеликих швидкостях, обмежених досить вузьким діапазоном $n_{\text{ф}} = 100 \dots 300 \text{ хв}^{-1}$. Зі зростанням частоти обертання через збільшення відцентрових сил масообмін уповільнюється.

Для знаходження пускової потужності мішалки вважали, що її лопаті плоскі, прямокутної форми і нахилені до траєкторії руку під сталим кутом α_M .

При роботі мішалки за одиницю часу елементарна площадка dF переміщує по колу об'єм пульпи

$$dV_n = dF \cdot V_{\text{кол}}, \quad (18)$$

Тоді елементарна маса перемішуваної пульпи за одиницю часу

$$dm_1 = dV_n \cdot \rho_n, \quad (19)$$

де $V_{\text{кол}}$ – колова швидкість; ρ_n – густина пульпи.

Елементарна маса пульпи, яка переміщується в осьовому напря-

мі за одиницю часу:

$$\dot{m}_2 = dP \cdot V_{oc} \cdot \rho_n \quad (20)$$

Потужність, споживана на приведення в рух мас \dot{m}_1 і \dot{m}_2 , визначається:

$$N_M = \pi \cdot n_{\Phi}^3 \cdot b_{\Phi}^3 \cdot \rho_n \cdot \sin \alpha_M \cdot (1 + \text{tg}^2 \alpha_M) (R_M - r_b)^4 \cdot z_o \quad (21)$$

де z_o - число лопатей мішалки.

При моделюванні процесу розмиття цілика наносів гідромоніторною насадкою-зрошувачем отримано розрахункову залежність яка пов'язує потужність струменя, діаметр насадки і розмивальну швидкість:

$$N_o = \frac{\pi}{8 \mu^2} \cdot \rho_b \cdot d_o^2 \cdot V_p^3 \quad (22)$$

де V_p - швидкість розмивального струменя в місці його контакту з бетонною поверхнею труби, м/с; ρ_b - густина води, кг/м³; μ - коефіцієнт витрати; d_o - діаметр насадка, м.

Одним з оптимальних варіантів зниження потужності N_o є зменшення V_p і збільшення d_o при заданій витраті $Q_b^{\text{зар}}$.

Задаючись величиною $V_{p \min}$ за ґрунтовими умовами, можна знайти

$$d_{o \max} = \sqrt[3]{4 Q_b^{\text{зар}} / \pi \cdot V_{p \min}} \quad (23)$$

Тоді

$$N_{o \min} = \frac{\pi}{2} \cdot \rho_b \cdot d_{o \max}^2 \cdot V_{p \min}^3 \quad (24)$$

Оцінюючи якість пульпи за рівномірністю розподілу в ній складових компонентів базувались на статичних критеріях- фактичний закон розподілу порівнювали з теоретичним. За контрольний компонент брали ґрунт (наноси).

Усі наслідки появи контрольного компонента в окремих пробах мають одну й ту саму ймовірність $p(v) = p^k \cdot Q^{n-k}$ і утворюють повну групу. Члени їх суми збігаються з членами розкладу бінома $(Q + p)^n$. Тому розподіл ймовірностей можна вважати біномним розподілом. Це дає змогу теоретично визначити ймовірності можливої частки компонента q у пробах, використавши твірну функцію

$$F_n(q) = (Q + p \cdot q)^n = Q^n \cdot q^0 + C_n^1 \cdot p \cdot Q^{n-1} \cdot q^1 + \dots + C_n^k \cdot p^k \cdot Q^{n-k} \cdot q^k + \dots + p^n \cdot q^n \quad (25)$$

де $k = 1, 2, \dots, n$; p - частка контрольного компонента q у загальному об'ємі пульпи $V_{\text{от}}$.

Функція $F_n(q)$ має ту властивість, що коефіцієнт при q в її розкладі дорівнює ймовірності k разів попасти ґрунту до пробки.

Числові характеристики цього розподілу (математичне сподівання та дисперсія) відповідно дорівнюють

$$\bar{\alpha} = n \cdot p; \sigma^2 = n \cdot p \cdot (1 - p). \quad (26)$$

Процес змішування двох інгредієнтів ґрунту і води описується залежністю:

$$V_{cu} = A (\omega t)^{-B} (8) \quad (27)$$

де V_{cu} - відносна неоднорідність суміші; ωt - безмірний комплекс (ω - кутова швидкість вала робочого органу, t - поточний час); A і B - емпіричні коефіцієнти.

Для обчислення параметрів A і B рівняння застосовується метод середніх і метод найменших квадратів.

Значення V_{cu} , які отримані за формулою (27) задовільно співпадають з експериментальними. Середнє квадратичне відхилення складає 0,55. Аналіз зміни V_{cu} свідчить, що при 1,5 обертах вала фрезерного робочого органу відносна неоднорідність пульпи у камері стабілізується і складає 2,1 2,3.

Тягова потужність, яка витрачається на пересування робочого органу машини при її роботі, визначається так:

$$N_T = 2N_{nog} + 2N_{nep} + N_{гид} + N_{n1} + N_{n2} + N_{тер} - N_{руш} \quad (28)$$

де N_{nog} ; N_{nep} ; $N_{гид}$; N_{n1} ; N_{n2} ; $N_{тер}$; $N_{руш}$ - потужність, яка витрачається відповідно на вдавлення опорної поверхні лемеша в наноси; змивання наносів перком; подолання гідравлічного опору пульпи; опору перекочуванню верхнього та нижнього опорних коліс; опору тертя підвідних та відвідних трубопроводів об прочищувану трубу; на подолання робочого органу додаткової рушійної сили.

Потужність привода тягової лебідки:

$$N_{леб} = N_T / \eta_M \quad (29)$$

Критерієм оптимальності процесу прочищення трубчастих переїздів є питома енергомісткість:

$$E_{гит} = \frac{N_{заг}}{P_{ро}} \quad (30)$$

де $N_{заг}$ - сумарні затрати потужності на прочищення труби; $P_{ро}$ - продуктивність при повній замуленій трубі;

$$P_{ро} = \kappa \cdot D_{тр}^2 \cdot V_{пр} \quad (31)$$

В третьому розділі описані об'єкти досліджень; установки і інші засоби експериментальних досліджень; вимірвальна апаратура. Наведена методика статистичної обробки експериментальних даних.

Установка для дослідження параметрів і режимів роботи гідромеханічного робочого органу для прочищення трубчастих переїздів (рис. 3) включає: прохідницький щит 10 на якому на двох валах 8 змонтовані дві двозахідні торцеві фрези 28 (з конічними перками, зубчастими лемешами і транспортуєчими лопатями) і пропелерні мішалки 27. Прохідницький щит переміщається на опорних катках 7 в

середині прочищеної труби 29, яка знаходиться на дні експериментального каналу 30.

Привід прохідницького щита здійснюється від регульованого електродвигуна 2 через карданный вал 3 і двобарабанну лебідку 4 з редуктором, при допомозі тягового троса 5 із вмонтованими в нього тензоланками 6 і двох штанг 12 з направляючими блоками 20. Він розміщений на спеціальній зварній металевій конструкції 1.

Двозахідні торцеві фрези і пропелерні мішалки приводяться в дію регульованим гідромотором 22 через циліндричний редуктор 26.

Грунтозабірний пристрій змонтований в нижній задній частині прохідницького щита і включає водострумний ежектор 24, водяний насос 16 з приводом від електродвигуна 17, шарнірний всмоктувальний трубопровід 19 з фільтром і вакууметром 18, напірний трубопровід 23, пульпопровід 21 і зачисні ножі 25, які жорстко закріплені на прохідницькому щиті.

Для подачі технічної води в зону очищення в верхній частині прохідницького щита встановлено гідромоніторну насадку-зрошувач 9. Технічна вода на зрошувач подається від водяного насоса 16 по напірному трубопроводу 11.

Подача технічної води до зрошувача і водострумного ежектора регулюється кранами 14, а тиск в напірних трубопроводах зміряється манометрами 13 і 15.

Для вимірювання і реєстрації тягового опору переміщення використовувалася тензометричний вузол у вигляді плоскої пластини, на обох боках якої наклеєні тензодатчики 2ПКП-10-200.

Для визначення потужності на валу фрезерного робочого органу при різанні, транспортуванні і перемішуванні наносів використовувались тензоперетворювачі типу ТДД, які монтувались в напірній і зливній магістралі гідроприводу робочого органу.

Для дослідження різання наносів зубчастим лемешем використовувалася лабораторна установка маятникового типу. На маятнику закріплювали вимірювальний прилад у вигляді Г-подібної тензометричної балки і змінний ножовий робочий орган з кутами загострення $\beta = 20; 25; 30; 35^\circ$. В якості тензодатчиків використовувались дрово-петльові тензорезистори на плівковій основі ПКП-10-200. Для дослідів брали зразки ґрунтів з трубчастих переїздів ґрунтових каналів розміром 250x350x150 мм. Ці зразки представляли собою злежавши пісчани, супісчани і суглинисті наноси вологістю 18-22% і густиною 1,6-1,9 г/см³.

Реєстрація досліджуваних параметрів здійснювалась за допомогою комплексу апаратури К-115, що складається з блока живлення П-133, підсилювача АНЧ-7М, осцилографа Н-115, двох магази-

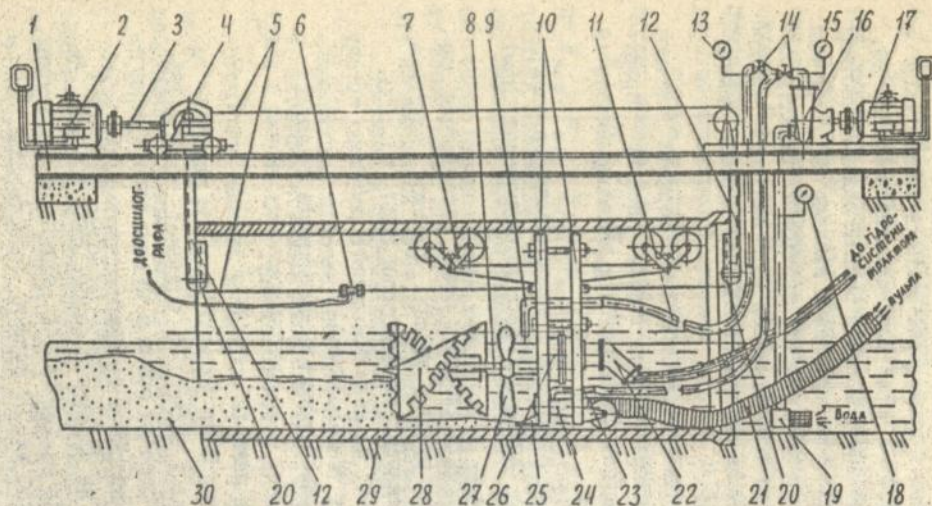


Рис.3. Схема лабораторної установки для дослідження параметрів гідромеханічного робочого органу для прочищення трубчастих переїздів: 1 - металева конструкція; 2,17 - електродвигун; 3- карданний вал; 4- двобарабанна лебідка з редуктором; 5 - тяговий трос; 6 - тензоланка; 7- опорні катки; 8- привідний вал; 9- насадка- зрошувач; 10- прохідницький щит; 11- напірний трубопровід; 12 - штанга; 13,15 - манометр; 14 - регулюючі крани; 16 - водяний насос; 18- вакууметр; 19- всмоктуючий трубопровід; 20- направляючий блок; 21- пульпопровід; 22- гідромотор; 23- напірний трубопровід; 24- водоструменевий ежектор; 25 - зачисні ножі; 26- циліндричний редуктор; 27- пропелерна мішалка; 28- фреза; 29- прочищена труба; 30- наноси

нів шунтів і додаткових опорів Р - 155.

Для дослідження параметрів і режимів роботи перка фрезерного робочого органу використовувалась лабораторна установка важільного типу. Сила заглиблення визначалась за допомогою силівимірвальної пружини з жорсткість $c = 2,72 \text{ Н/мм}$ і індикатора. При цьому кут при вершині конуса задавали рівним $\alpha = 10; 15; 20; 25; 30^\circ$, швидкість вдавлювання приймаалась $V_{\text{вд}} = 1 \text{ м/хв}$, частота обертання вала фрези $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$.

Параметри щільни розмиву гідромоніторною насадкою-зрешувачем, заміряли за допомогою глибиноміра і мірної лінійки.

Зміна консистенції пульпи на транспортуючих лопатях і оцінка рівномірності її консистенції в зоні всмоктування визначалась аналітично, після відбору проб батометром миттєвої дії.

Необхідне число дослідів визначалось за допомогою критерія Стюдента. Відтвореність результатів експериментів перевірялась за допомогою критерія Кохрена. Адекватність експериментальних даних теоретичним передумовам перевірялась за допомогою критерія Фішера.

В четвертому розділі викладені результати експериментальних досліджень.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що мінімальна енергомісткість різання наносів ножами фрезерних робочих органів досягається при куті загострення ножа $\beta' = 25^\circ$. Оптимальна швидкість різання від 0,5 до 2 м/с (рис.4).

Результати експериментальних досліджень траєкторії руху частинок ґрунту по робочій поверхні фрези вказують на відсутність суттєвої залежності останньої від ґрунтового середовища і співпадають з теоретичними залежностями в межах 7%.

Оптимальна умова заглиблення перка фрезерного робочого органу досягається при куті конусності при вершині перка $2\alpha = 40^\circ$, при швидкості вдавлювання до 1,5 м/хв, кутовій швидкості більше 5 с^{-1} .

Консистенція утворюваної пульпи зростає по довжині транспортуючих лопатей (рис.5) і на їх кінці досягає 21 - 35 % в залежності від типу наносів. Максимальна консистенція пульпи в межах 11 - 14 % досягається при кутовій швидкості обертання вала фрезерного робочого органу $\omega = 10 - 12 \text{ с}^{-1}$ (рис.6). При подальшому збільшенні кутової швидкості процес диспергування припиняється, так як великі частинки ґрунту відкидаються до стінок труби і залишаються на них. Потужність затрачена на пульпоутворення на транспортуючих лопатях складає 0,35 - 0,65 кВт в залежності від типу наносів.

В зоні роботи мішалки консистенція пульпи досягає оптимальних значень і складає для суглика - 0,35; супіска - 0,39; піска -

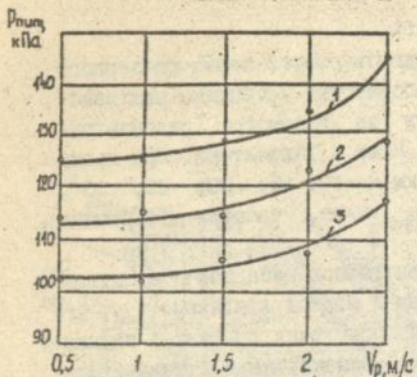


Рис. 4. Залежність питомої сили різання від швидкості різання: 1- суглинок; 2- супісок; 3- пісок

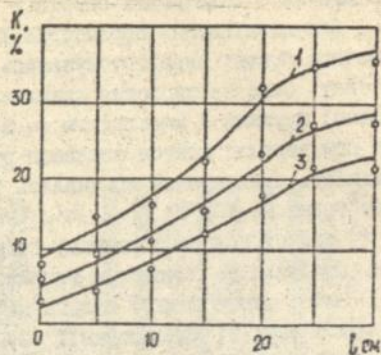


Рис. 5. Залежність зміни консистенції пульпи від довжини транспортуючої лопаті: 1 - пісок; 2- супісок; 3- суглинок

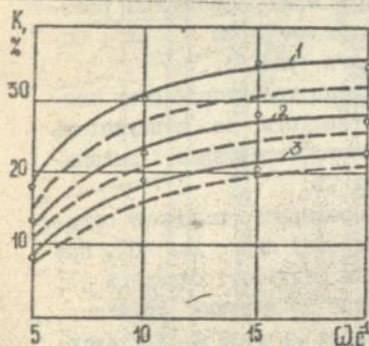


Рис. 6. Залежність зміни консистенції пульпи від куткової швидкості вала фрезерного робочого органа: 1- пісок; 2- супісок; 3- суглинок

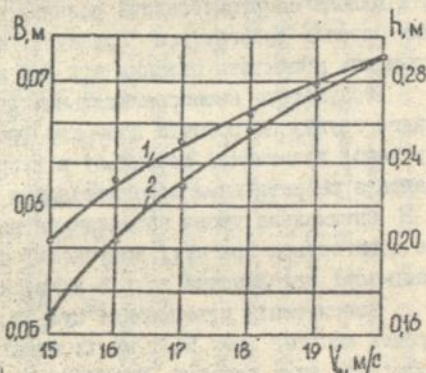


Рис. 7. Залежність ширини і глибини щілини розмиву від швидкості витікання струменя води: 1- крива залежності ширини щілини розмиву; 2- крива залежності глибини щілини розмиву

0,42. Потужність затрачена на привод мішалки становить 162,6 Вт при кутовій швидкості $\omega = 10\text{с}^{-1}$.

Оптимальна швидкість витікання води із зрешувача складає 16 - 17 м/с при цьому довжина щілини розмиву становить 0,23 - 0,25 м і ширина 0,057 - 0,62 м (рис.7).

Спектр частоти коливань прохідницького щита не облицьованого зовні по периметру гумовим ущільнювачем складає $0...2,5\text{с}^{-1}$, а щита облицьованого гумовим ущільнювачем $0...1,5\text{с}^{-1}$. Відповідно в першому випадку витікання пульпи за прохідницький щит складає $0,15\text{м}^3/\text{с}$, в другому $0,087\text{м}^3/\text{с}$. Звідси слідує, що із збільшенням частоти процесу зростають втрати пульпи між прохідницьким щитом і прочищеною трубою.

Тягове зусилля робочого органу для прочищення трубчастих переїздів збільшується із збільшенням швидкості переміщення його в прочищуваній трубі. І при швидкості $V_{\text{пр}} = 1\text{ м/хв}$ становить $P_{\text{н}} = 9,3\text{ кН}$.

В п'ятому розділі приведено результати польових випробувань машини для прочищення трубчастих переїздів, які проводились на меліоративних каналах Рівненського УМС. Дана їх техніко-економічна оцінка. Річний економічний ефект від впровадження гідромеханічного робочого органу склав 7444 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті проведеного аналізу технологічних процесів прочищення трубчастих переїздів і відповідних конструкцій робочих органів встановлено, що найбільш перспективним є процес прочищення трубчастих переїздів робочим органом з фрезерними розпушувачами, лопатовою мішалкою і струминною насадкою-зрешувачем.

2. Теоретичними дослідженнями встановлено наступне:

- для забезпечення чистого зрізу наносів форма різальної кромки міжзубового вирізу леміша фрези повинна описуватись рівнянням логарифмічної спіралі;

- при збільшенні кутової швидкості вала фрези від 2π до $10\pi\text{с}^{-1}$ частинка ґрунту залишає леміш у 2,6 рази швидше і на ділянці лопаті фрези $r \leq 0,09\text{ м}$ ($\omega = 2\pi\text{с}^{-1}$) та $r \leq 0,055\text{ м}$ ($\omega = 10\pi\text{с}^{-1}$) розроблювані наноси з леміша не надходять, ці ділянки можуть бути використані для створення вікон, які дозволяють оптимізувати процес пульпоутворення;

- на перфорованих лопатях 68% глинистих наносів переходить в пульпу, а на лопатях без поперечних прорізів і поздовжніх щілин тільки 39%;

- витрата технічної води для розмиття наносів при швидкості витікання струменя із насадка $V_p = 15$ м/с і діаметра насадка $d_0 = 0,05$ м становить $Q = 0,23$ м³/хв;

- енергомісткість процесу очищення становить $E_{\text{пвт}} = 0,072$ кВт·год/м³;

3. Розроблені математичні моделі слідуючих технологічних процесів: руйнування наносів зубчастими лемішами; руху частинок наносів по лемішу; динамічного диспергування глинистих наносів на транспортувачих лопатях з поперечними прорізами і поздовжніми щілинами і без них; кінематики і енергомісткості перемішування пульпи лопатевю мішалкою; гідророзмиву щілика наносів гідромоніторною насадкою- зрошувачем; рівномірності консистенції пульпи в зоні всмоктування; загального тягового балансу потужності і загальної енергомісткості процесу очищення.

4. За результатами експериментальних досліджень встановлено:

- оптимальний кут заточки ножа фрези становить $\beta = 25 - 30^\circ$;

- оптимальний діапазон колової швидкості різання фрезюю робочого органу $V_p = 1,5 - 2$ м/с, при цьому взаємодія задньої кромки ножа фрези з ґрунтом виключається при швидкості переміщення робочого органу $V_{\text{под}} = 1$ м/хв;

- в зоні роботи мішалки при $\omega = 10$ с⁻¹ консистенція пульпи досягає 35 - 42% в залежності від типу ґрунту;

- при швидкості витікання струменя води із зрошувача $V_0 = 16 - 17$ м/с утворюється щілина розмиву з параметрами: довжина - 0,23 - 0,25 м; ширина - 0,057 - 0,062 м;

- якість зачищення труби визначається наявністю на прохідницькому щиті гумової прокладки, втрати пульпи за прохідницький щит без гумової прокладки становлять 0,015 м/с, а при наявності такої - 0,0087 м/с;

- тягове зусилля на переміщення робочого органу при швидкості $V_{\text{под}} = 1$ м/хв становить $P_H = 9,3$ кН.

5. Експериментальні дослідження процесу гідромеханічного очищення трубчастих переїздів показали, що значення технологічних параметрів процесу, одержані аналітичним шляхом, відрізняються від експериментальних даних на 8 - 10%. Це підтверджує правильність теоретичних висновків, прийнятих допущень і достатність для практичних цілей запропонованих методів розрахунку.

6. Створений гідромеханічний робочий орган для очищення трубчастих переїздів показав високу економічну ефективність. В результаті застосування його на відкритих осушувальних системах Рівненської області економічний ефект склав 7444 грн.

1. Тхорук Є.І. Машини для прочищення трубчастих переїздів на меліоративних системах // Сухарев Е.О. Основи теорії машин для обслуговування і ремонту меліоративних систем: Навч. посібник. - К.: ІСДО, 1994. - с.267 - 290.
2. Тхорук Є.І. Моделювання процесу руйнування наносів зубчастими лемішами робочого органу машини для прочищення трубчастих переїздів // Збірник наукових статей ІАУ. Сільськогосподарські машини. - Луцьк. - 1996. - с.183 - 187.
3. Тхорук Є.І. Імовірнісна модель оцінювання рівномірності консистенції пульпи в зоні перемішування робочого органу машини для прочищення трубчастих переїздів // Збірник наукових статей ІАУ. Сільськогосподарські машини. - Луцьк. - 1996. - с.183 - 187.
4. Тхорук Є.І. Моделювання процесу пульпоутворення на транспортуєччих лопатях робочого органу машини для прочищення трубчастих переїздів // Збірник наукових статей УДАВГ.- Рівне.- 1997. - с.125 - 129.
5. Патент № 2028339 РФ. Устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов / Е.И. Тхорук и др.
6. Сухарев Е.О., Тхорук Є.І. Обґрунтування форми міжзубового вирізу леміша фрези в машині для прочищення трубчастих переїздів. - В кн.: Тез. наук.- техн. конф. УІВГ - 70 років. - Рівне, 1992. - с.40.
7. Сухарев Е.О., Тхорук Є.І. Робочий орган машини для прочищення трубчастих переїздів меліоративних каналів. - В кн.: Тез. міжн. наук.- техн. конф. - Глеваха, 1994. - с.199 - 200.
8. Тхорук Є.І. Енергоємність фрезерування наносів при очистці трубчастих переїздів. - В кн.: Тез. міжн. наук. - техн. конф. - Глеваха, 1995. - с.184 - 185.
9. Тхорук Є.І., Сухарев Е.О. Оцінка якості гідросуміші в робочому органі для прочистки трубчастих переїздів на меліоративних системах. - В кн.: Тез. міжн. наук.- техн. конф. - Глеваха, 1995. - с.187.
10. Є.І. Тхорук, Е.О. Сухарев, В.І. Хівренко Моделювання процесу вдавливання конічного перка в наноси при прочищенні трубчастих переїздів. - В кн.: Тез. звіл. наук.- техн. конф. - Рівне, 1995. - с.50.
11. Тхорук Є.І., Голік А.В. Енергоємність процесу перемішування пульпи пропелернов мішалкою машини для прочищення трубчастих переїздів. - В кн.: Тез. звіл. наук.- техн. конф. - Рівне, 1996. - с.49.

АНО

Тхорук Е.И. Усовершенствование технологии прочистки трубчатых переездов гидро-механическим рабочим органом.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 - Механизация сельскохозяйственного производства. Луцкий индустриальный институт. Луцк, 1997.

Защищается 11 работ, в т.ч. патент РФ, раздел в учебном пособии, которые содержат теоретические, экспериментальные исследования технологического процесса прочистки трубчатых переездов мелиоративных систем и обоснование параметров гидромеханического рабочего органа, методика инженерного расчета и проектирования. Установлено, что данный технологический процесс очистки является наиболее приемлемым и экономически выгодным, а гидротехнический рабочий орган в наибольшей степени соответствует современным требованиям прочистки трубчатых переездов. Осуществлено внедрение рабочего органа, приводятся данные об его мелиоративной и экономической эффективности.

ANNOTATION

Thoruk E.I. Investigation of the big diameter pipes clean out process by means of hydromechanical working head.

Thesis for a candidate's of technical science academic degree by speciality 05.20.01- Mechanization of agriculture. Lutsk Industrial Institute. Lutsk, 1997.

There are defended 11 works which include patent of Russians Federation and a part in the educational guide. The elaborations contain theoretical and experimental investigations of land reclamation systems' pipes crossings clean out process, substantiation of hydromechanical working head parameters, technique of engineer calculations and design. It is proved that offered clean out process is the most acceptable and remunerative. The working head is introduced into practice.

Ключові слова: трубчастий переїзд, технологічний процес, гідро- механічний робочий орган, параметри.

Надано до друку 02.06.97.
Формат 60x84 1/16 Обсяг 1.0 д.в. арк.
Замовлення 1107 Тираж 100 примірн.

Рівне, УДАВГ, Світанок, II