

Ляшенко А.В., Дадак Ю.Р., Самко Я.Е. Аспирационная система с регулируемой производительностью

Проведен анализ факторов, которые ограничивают границы регулирования производительности аспирационных систем. На основе кустовой конструкции разработана новая схема аспирационной системы с регулируемым расходом воздуха. Описан алгоритм ее работы. Сформулированы основные задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова: аспирационная система, циклон, фильтровочная станция, древесная пыль.

Lyashenyk A.V., Dadak Yu.R., Samko Ya.E. Aspiration system with variable output

This article describes the factors that limit performance aspiration border control systems. Based on cluster structures developed a new scheme aspiration system with adjustable air flow. This article describes the an algorithm of its work. The main problem for further research.

Keywords: aspiration system, cyclone, filtration plant, wood dust.

УДК 621.643

Доц. А.Я. Куліченко¹, д-р техн. наук;

доц. В.С. Джус¹, канд. техн. наук; доц. І.М. Гончар², канд. техн. наук

ПЕРЕМІЩЕННЯ ЩІТКОВОГО ІНСТРУМЕНТА ПІД ЧАС ОБРОБЛЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ТРУБ МАЛОГО ДІАМЕТРА

Запропоновано новий щітковий рухомий інструмент для оброблення труб малого діаметра та розроблено модель із наведеними розрахунками механіки переміщення цього пристрою з обертовим ексцентричним вантажем.

Під землею прокладено тисячі метрів труб для різних призначень. Внаслідок цього зросла потреба у впровадженні рухомих засобів для профілактичного огляду та ремонту труб у їх внутрішній порожнині. Для труб великого діаметра, призначених для використання на нафто- і газопроводах, водопроводах і трубопроводах каналізаційного призначення із внутрішнім діаметром > 100 мм, на практиці застосовують низку способів і засобів очищення внутрішньої поверхні. До найбільш дешевого і відповідно найменш якісного способу очищення від продуктів використання труби (від мінералізованого і металізованого нашарування, шлаку тощо) належить процес ручного очищення, що проводиться шляхом руйнування внутрішніх відкладень за допомогою кувалди та скребків.

Механізований спосіб попереднього грубого очищення полягає у використанні ланцюга типу Галя, на втулки якої насаджені шарошки, які мають вільне обертання, внаслідок чого вони торкаються поверхні труби всіма своїми шипами. Більш якісним способом очищення є оброблення внутрішньої порожнини труб щітками з металевим ворсом. Принцип оброблення полягає у тому, що на штангу кріпиться щітка, яка обертається, а діаметр якої відповідає внутрішньому діаметру труби. До високоякісного очищення варто віднести піско- і гідроструменеве оброблення. Цей спосіб є доволі ефективним за умови застосу-

вання спеціальних пристроїв, які дають змогу обробляти порожнини по всій довжині труби. Це може бути: абразивне оброблення з використанням різних спеціальних абразивів; шрото- і піскоструменева; піскоструменева із застосуванням термонадуву; гідропіскоструменева тощо.

На зміну традиційним, технологічно складним і екологічно шкідливим методам механічного, пневматичного, електроімпульсного та хімічного очищення, які істотно скорочують термін експлуатації обладнання, прийшла технологія очищення, розроблена німецькою компанією "HAMM-TLMANN", що проводиться за допомогою pomp високого тиску, призначених для отримання води високого і надвисокого тиску, яка застосовується як інструмент для очищення.

Голландська фірма Hollo-Blast розробила установку, яка призначена для очищення труб із внутрішнім діаметром від 50,8 мм до 304,8 мм. У цій установці відсутні рухомі елементи, вона включає вмонтоване коротке сопло вентури, вольфрам – карбід і вольфрам – карбідову заслінку, для відбиття абразивного потоку по колу в 360°. Ця установка має сопло діаметром 1/2" (12,7 мм), що забезпечує потреби стисненого повітря об'ємом 5,66 м³.

Шведська фірма Spin-Blast розробила установку для шротоструменевого очищення внутрішньої поверхні труб діаметром від 203,2 мм до 431,8 мм. Два вольфрам-карбідові сопла являють собою механізм, який обертається під час розпилення шроту і мають змогу переміщуватись всередині труби, що дає змогу досягнути високого ступеня очищення.

Як альтернативу механічним методам очищення Російський Центр Технологій "ВиК" запропонував технологію оброблення внутрішніх порожнин труб діаметром від 350,0 мм під високим тиском подачі води. Робота цієї установки базується на застосуванні поворотного вводу з обертовими змінними головками. Під час реконструкції підземних трубопроводів відокремлюються прямі ділянки довжиною до 150,0 м в які спеціальною помпою подається вода під тиском (10...12) атмосфер, а до фрези, що здійснює руйнування і видалення внутрішнього нашарування, вода подається гідравлічним потоком із тиском 3500 атм. Під впливом реактивної сили води фрезерна головка проходить по трубі, а повертається у вихідне положення за допомогою лебідки, витісняючи брудну воду і залишки забруднення.

Усі наведені вище методи і механізми очищення внутрішніх порожнин труб у більшості своїй належать до оброблення труб великого діаметра. Для труб малого діаметра робились лише окремі спроби розробки рухомих засобів, оскільки такі механізми відрізняються значними технічними труднощами, пов'язаними насамперед із малабаритністю конструкцій. Більшість ізоляційних труб для кабелів зв'язку має діаметр ~ 80,0 мм, тому для контролю їх стану потрібен малабаритний рухомий пристрій нової конструкції. Для переміщення такого пристрою можна застосовувати вібруючий металевий ворс. У роботі [1] досліджено щітковий транспортер, в якому переміщення вантажу здійснюється за рахунок вібрації пружного ворсу, а у роботі [2] – віброконтейнери. Такі пристрої, які використовують властивості вібрації, не потребують коліс або зубчастих передач, тому вони є доволі перспективними для малабаритних конструкцій.

¹ Львівська філія Дніпропетровського НУ залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна;

² НЛТУ України, м. Львів

У цій роботі запропоновано рухомий пристрій, переміщення якого здійснюється також за рахунок вібрації пружного ворсу, і досліджено механіку його переміщення та радіус кругових коливань корпусу пристрою.

Розрахункова модель.

Механіка переміщення. На рис. 1 показано конструктивну схему переміщення у трубі щіткового рухомого пристрою. Ексцентричний вантаж, який обертається електродвигуном, що розташований всередині пристрою, викликає кругові коливання корпусу і закріпленого на ньому металевого ворсу за рахунок відцентрового зусилля. При коливанні корпусу радіальні сили спричиняють ковзання у напрямку осі труби в точках контакту ворсу із внутрішньою стінкою труби. Якщо досягнути того, щоб кінці ворсу ковзали лише в одному напрямку, то рухомий пристрій буде переміщуватись у трубі безперервно.

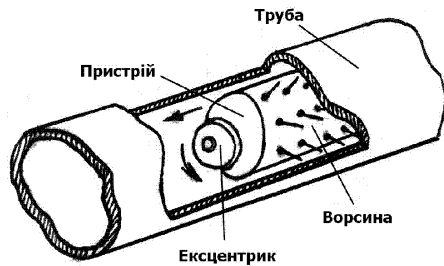


Рис. 1. Схема щіткового пристрою, який переміщується трубою

Було досліджено механізм схоплення або самогальмування такого ворсу із використанням моделі, показаної на рис. 2, де наведено схему ковзання похилого ворсу. Механічній моделі (рис. 2, а) відповідає розрахункова схема, показана на рис. 2, б. Тут N – нормальна сила, яка діє на похилу ворсину з боку стінки труби, спричиненої пружним прогином ворсини. Це зусилля є еквівалентним силі тиску пружини, показаної на рис. 2, б, де P – зусилля осьового стискування самої ворсини; F – сила тертя, паралельна до осі труби і діє у точці контакту ворсини зі стінкою труби; α – кут нахилу ворсини.

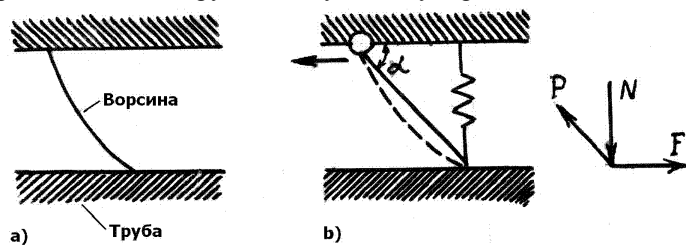


Рис. 2. Моделювання похилого стержня ворсини

Приймаючи закон тертя Кулона, з умови статичної рівноваги горизонтальних сил отримуємо вираз для випадку ковзання кінця ворсини вздовж стінки труби у напрямку, показаному на рис. 2, б:

$$F = P \cdot \cos\alpha; \tag{1}$$

$$F = (N - P \cdot \sin\alpha) \cdot \mu, \tag{2}$$

де μ – коефіцієнт тертя між кінцями ворсини та стінкою труби.

Із рівнянь (1) та (2) визначаємо силу тертя

$$F = \frac{N \cdot \mu}{1 + \mu \cdot \tan\alpha}. \tag{3}$$

При ковзанні у зворотному напрямку

$$F = \frac{N \cdot \mu}{1 - \mu \cdot \tan\alpha}. \tag{4}$$

Якщо $\mu \geq \frac{1}{\tan\alpha}$, то у рівнянні (4) силу тертя визначити неможливо і кінець ворсини не проковзує у зворотному напрямку. Отже, за достатньо великого значення коефіцієнта тертя показаний на рис. 2 пристрій може ковзати лише вліво, але не направо.

На рис. 3 показано схему рухомого пристрою з 16 пружними стержнями ворсу, розташованих у два ряди по колу корпусу пристрою в трубі зображено на рис. 3, а. Вісь корпусу переміщується з кутовою швидкістю ω по колу радіуса r із центром на осі труби (рис. 3, б). Якщо б тертя між кінцями ворсин і стінкою труби було відсутнім, то кінці ворсин легко ковзали б стінкою труби і рухомий пристрій не переміщувався в горизонтальному напрямі. Приймаємо, що у нашому випадку кінці ворсин не ковзають внутрішньою поверхнею труби в колісному напрямку. Горизонтальне переміщення y_1 кінця першого стержня ворсу, показаного на рис. 3, отримуємо таким чином.

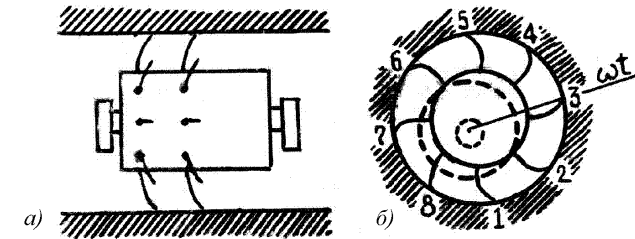


Рис. 3. Рухомий пристрій, у якого 16 ворсин розташовані у 2 ряди по 8 ворсин

Рух обох кінців першого стержня ворсу показано на рис. 4, де A і B – кінці стержня, y_1 – горизонтальне переміщення кінця A , r_0 та r_r – колова і радіальна координати кінця B .

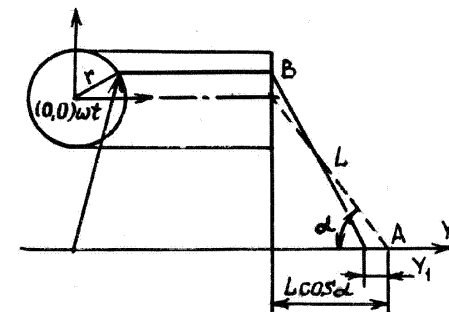


Рис. 4. Схема переміщення робочого торця ворсини

Відлік переміщення y_1 проводиться від положення кінця A у початковий момент часу ($t = 0$). Відлік координат r_θ та r_r проводиться від кінця B при $r = 0$. Тоді отримуємо наступне рівняння для y_1 :

$$y_1 = \sqrt{L^2 - (L \cdot \sin\alpha + r_{r,1})^2 - r_{\theta,1}^2} - c, \quad (5)$$

де: $c = \sqrt{L^2 \cdot \cos^2\alpha - r^2}$, $r_{\theta,1} = r \cdot \cos\omega t$, $r_{r,1} = r \cdot \sin\omega t$. Тут L – довжина стержня ворсу, α – кут нахилу цього стержня, ω – кутова швидкість при коловому коливанні рухомого пристрою, t – час.

Приймаємо, що r надзвичайно малий порівняно з L . Переміщення y_n кожного з восьми кінців пружних елементів ворсу ($n = 1, 2, 3, \dots, 8$) отримуємо аналогічно.

$$y_n = \sqrt{L^2 - (L \cdot \sin\alpha + r_{r,n})^2 - r_{\theta,n}^2} - c, \quad (6)$$

де: $r_{\theta,n} = r \cdot \cos\left[\frac{\omega t - (n-1) \cdot \pi}{4}\right]$, $r_{r,n} = r \cdot \sin\left[\frac{\omega t - (n-1) \cdot \pi}{4}\right]$, ($n = 1, 2, 3, \dots, 8$).

Якщо тертя між кінцями пружинних ворсин і стінкою труби відсутнє, то кінці кожного стержня ворсу ковзають стінками труби у прямому і зворотному напрямках. Швидкість ковзання визначається похідною dy_n/dt :

$$\frac{dy_n}{dt} = -L\omega \cdot \frac{\sin\alpha r_{\theta,1}}{\sqrt{L^2 - (L \cdot \sin\alpha + r_{r,n})^2 - r_{\theta,n}^2}}. \quad (7)$$

Якщо радіус коливань r є дуже малим, то

$$\frac{dy_n}{dt} = -r\omega \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\left(\frac{\omega t - (n-1) \cdot \pi}{4}\right). \quad (8)$$

Середню швидкість рухомого пристрою v_m отримуємо, наприклад, за швидкістю п'ятого стержня ворсу

$$v_m = \frac{1}{\pi/8\omega} \int_0^{\pi/8\omega} \frac{dy_5}{dt} dt = \left[\sqrt{L^2 - \{L \cdot \sin\alpha + r \cdot \sin(\pi/8)\}^2 - r^2 \cos^2(\pi/8)} - \sqrt{L^2 - \sin^2\alpha - r^2} \right] \cdot (8\omega/\pi) \quad (9)$$

За умови $(r/L) \leq 1$ одержуємо таке рівняння:

$$v_m = 8r\omega \cdot \sin(\pi/8) \cdot \operatorname{tg}(\alpha/\pi). \quad (10)$$

Жорсткість ворсу. У цій роботі досліджено еквівалентну пружну жорсткість всього ворсу інструменту. На рис. 5, а показано форму стержнів металевого ворсу при зміщенні центру поперечного перерізу корпусу рухомого пристрою відносно центра труби на відстані r . Пружні властивості кожного стержня ворсу моделюємо двома пружинами, як показано на рис. 5, б.

Для цієї моделі отримуємо такі жорсткості стержнів ворсу:

$$K_r = \frac{3EI}{L^3 \cdot \cos^2\alpha}; K_\theta = \frac{3EI}{L^3}; I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}, \quad (11)\dots(13)$$

де K_r – радіальна жорсткість; K_θ – колова жорсткість; E – модуль пружності; L , d та I – довжина, діаметр і момент інерції стержня ворсу відповідно.

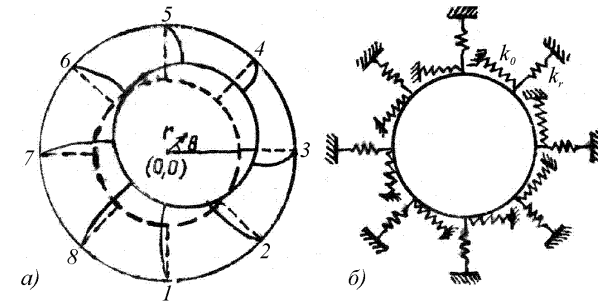


Рис. 5. Моделювання жорсткості щіткового рухомого пристрою

Якщо $(r \cdot \cos\theta)$ та $(r \cdot \sin\theta)$ означають координати центру перерізу рухомого пристрою, то радіальна компонента r_r , n зміщення r кінця пружини з номером n буде рівною

$$r_{r,n} = r \cdot \cos[\theta - (n-1) \cdot \pi/4], \quad (14)$$

а колова компонента $r_{\theta,n}$ дорівнює

$$r_{\theta,n} = r \cdot \sin[\theta - (n-1) \cdot \pi/4]. \quad (15)$$

Отже, повна реакція R_r рухомого пристрою буде:

$$R_r = 4 \sum [k_r |r_{r,n}| |\cos\{\theta - (n-1) \cdot \pi/4\}| + k_\theta |r_{\theta,n}| |\sin\{\theta - (n-1) \cdot \pi/2\}|] = 4 \sum [k_r r \cdot \cos^2\{\theta - (n-1) \cdot \pi/4\} + k_\theta r \cdot \sin^2\{\theta - (n-1) \cdot \pi/4\}] = \frac{24EI \cdot (1 + \cos^2\alpha) \cdot r}{L^3 \cdot \cos^2\alpha} \quad (16)$$

Як видно із рівняння (16), повна реакція R_r не залежить від θ . Еквівалентна пружна жорсткість ворсу дорівнювати

$$k = \frac{R_r}{r} = \frac{24EI \cdot (1 + \cos^2\alpha)}{L^3 \cdot \cos^2\alpha}. \quad (17)$$

Радіус кругових коливань рухомого пристрою. Якщо ми отримаємо залежність радіуса r кругових коливань рухомого пристрою від кутової швидкості ω обертання ексцентричного вантажу, то згідно з рівнянням (10), можна вирахувати швидкість переміщення рухомого пристрою v_m . При коливаннях рухомого пристрою під впливом ексцентричного вантажу, який обертається, з радіусом кругових коливань r і кутовою швидкістю ω можливі дві форми коливань, показані на рис. 6, а та б, де M – маса рухомого пристрою, m – маса ексцентричного вантажу, l – довжина ексцентриситету, Q – реакція, яка виникає при колових коливаннях рухомого пристрою.

Якщо через f позначити силу тертя між кінцем кожного стержня ворсу і стінкою труби, то з умови рівноваги отримаємо реакцію, яка діє, наприклад, на п'ятий стержень ворсу, рівну $7f$. Оскільки кожна із контактуючих ворсин нахилена під кутом α , то радіальна сила, яка діє на п'ятий стержень, дорівнює $(7f \cdot \operatorname{tg}\alpha)$, тоді як на кожен із решти стержнів ворсу діє радіальна сила $(f \cdot \operatorname{tg}\alpha)$.

Додаючи радіальні зусилля і подвоюючи отриману суму із вираховуванням двох рядів стержнів ворсу, одержуємо реакцію $Q=(16f \cdot tg\alpha)$. Якщо $(\pi/8) \leq \omega t < (\pi/4)$, то радіальне сила, яка діє на шостий стержень ворсу, стає рівною $(7f \cdot tg\alpha)$, тоді як на кожен із решти стержнів ворсу діє радіальне зусилля $(f \cdot tg\alpha)$. Отже, показаний на рис. 6 кут β змінюється у межах від $(3\pi/8)$ до $(5\pi/8)$. У цьому дослідженні кут β приймався наближено рівним $\pi/2$.

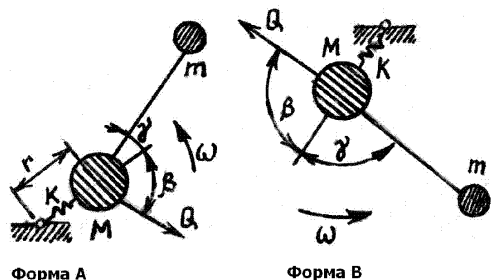


Рис. 6. Форми коливань корпусу рухомого пристрою та обертового ексцентричного вантажу

Нехтуючи силами ваги і приймаючи, що $r \ll l$, одержуємо такі рівняння динамічної рівноваги:

$$K_r = Mr\omega^2 + ml\omega^2 \cdot \text{Cos}\gamma; \tag{18}$$

$$ml\omega^2 \cdot \text{Sin}\gamma = Q \cdot \text{Sin}\beta. \tag{19}$$

Із отриманих рівнянь визначаємо радіус кругових коливань і рухомого пристрою

$$r = \frac{\sqrt{(ml\omega^2)^2 - Q^2}}{K - M\omega^2} = \frac{l \cdot \sqrt{m_0^2 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4 - Q_0^2}}{1 - (\omega/\omega_0)^2}, \tag{20}$$

де: $m_0 = \frac{m}{M}$; $Q_0 = \frac{Q}{M \cdot l \cdot \omega_0^2}$; $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M}}$.

Для форми коливань А (рис. 6, а) приймаємо $\beta = \pi/2$ та $\omega_0 > \omega > \sqrt{Q/(m \cdot l)}$. Якщо кутова швидкість $\omega > \omega_0$, то форма коливань А змінюється на форму В (рис. 6, б), для якої радіус кругових коливань рухомого пристрою визначається таким виразом:

$$r = \frac{l}{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 - 1} \cdot \sqrt{m_0^2 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4 - Q_0^2}. \tag{21}$$

На рис. 7 показано залежність радіуса r кругових коливань рухомого пристрою від нормалізованої кутової швидкості (ω/ω_0) обертового ексцентричного вантажу, розрахована для відношення $(m/M) = 0,1$. Якщо кутова

швидкість (ω/ω_0) обертання ексцентричного вантажу менша $(\sqrt{Q_0/m_0})$, то радіус r кругових коливань дорівнює нулю. Якщо кутова швидкість (ω/ω_0) змінюється в інтервалі від $(\sqrt{Q_0/m_0})$ до 1,0, то радіус r кругових коливань зростає зі збільшенням кутової швидкості і при $\omega = \omega_0$ стає необмеженим. Якщо кутова швидкість $(\omega/\omega_0) > 1$, то форма коливань А змінюється на форму В (див. рис. 6, а і б). У разі подальшого зростання кутової швидкості радіус кругових коливань асиметрично прагне до величини $(m \cdot l/M)$.

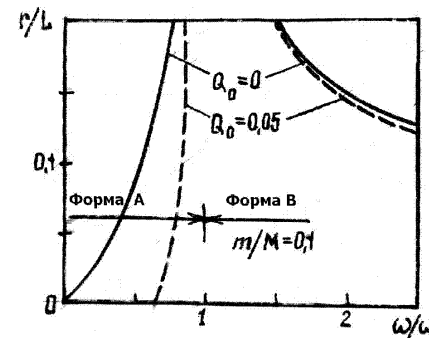


Рис. 7. Залежність радіуса кругових коливань від кутової швидкості

Висновок. У представленій роботі досліджено і практично реалізовано щітковий вібраційний рухомий пристрій, в якому відсутні колеса і зубчасті передачі. У цьому пристрої використовується вібрація, викликана обертанням ексцентричного вантажу, і яка сприяє безперервному переміщенню пристрою в трубі.

Показано, що за малої кутової швидкості ексцентричного вантажу цей пристрій не переміщується в трубі внаслідок тертя між робочими торцями металевого ворсу та внутрішньою стінкою труби. Для переміщення пристрою кутова швидкість (ω/ω_0) повинна переважати значення $(Q/m_0) = \sqrt{(M \cdot Q)/(Kml)}$; при цьому потрібно прикласти обертовий момент (Qr) і потужність $(Qr\omega)$. Момент (Qr) зрівноважується моментом сил тертя між кінцями ворсинок і стінкою труби.

Виконані теоретичні та експериментальні дослідження дають змогу встановлювати конструктивні параметри вібраційного рухомого пристрою, який потрібно проектувати відповідно до його призначення для різних внутрішніх діаметрів труби.

Література

1. Моримицу Т. Механизмы транспортирования при помощи щеточных конвейеров / Т. Моримицу, Н. Саката. – М. : Изд-во "Наука", 1979. – 112 с.
2. Жу Ф. Термомеханическое растрескивание слоистых сред под действием движущейся нагрузки от сил трения / Ф. Жу, К. Лью // Проблемы трения и смазки. – М. : Изд-во "Мир". – 1984. – № 4. – С. 87-96.

Куличенко А.Я., Джус В.С., Гончар И.М. Перемещение щеточного инструмента при обработке внутренней поверхности труб малого диаметра

Предложен новый щеточный подвижной инструмент для обработки труб малого диаметра и разработана модель с представленными расчетами механики перемещения этого приспособления с вращающимся эксцентричным грузом.

Kulichenko A.Ya., Dzhus V.S., Honchar I.M. Moving of a brush instrument of treatment of internal surface of pipes of small diameter

In the article a new brush mobile instrument is offered for treatment of pipes of small diameter and a model is developed with the presented calculations of mechanics of moving of this adaptation with the revolved eccentric load.

УДК 363.3 Асист. В.М. Гобела; студ. О.В. Гобела – НЛТУ України, м. Львів

ВИДАЛЕННЯ ПНІВ ІЗ ПОПЕРЕДНІМ ЇХ РОЗКОЛЮВАННЯМ

Внаслідок аналізу існуючих способів видалення пнів та машин і обладнання, які їх забезпечують, можна зробити висновок, що вони є метало- і енергоємними і значною мірою трудовитратними та екологічно забруднювальними. Внаслідок цього їхнє використання є утрудненим. Запропоновано схему обладнання для видалення пнів з попереднім їх розколюванням.

Ключові слова: робочий орган, розколювання, захоп, вібромолот, вібратор, маніпулятор.

Постановка проблеми та аналіз основних публікацій. Основною перешкодою для роботи машин і обладнання під час проведення лісовідновних робіт на вирубках є пні, товстотвірні корені, порубні залишки, неліквідна деревина, чагарники та дрібнолісся. Головною і найбільш енерго- і трудомісткою операцією під час розчищення площ після вирубок є корчування пнів.

Розчищення площ від пнів потрібне для створення протипожежних просік, мінералізованих смуг та розривів у лісових масивах, трас під осушувальні канали, ліній електропередач, нафто- і газопроводів, лісових та доріг загального призначення, лісових розсадників, сільськогосподарських угідь та інше. Питання корчування пнів завжди приділяли і приділяють значну увагу науковці та працівники лісової галузі. Доречно згадати таких українських та зарубіжних учених, як М.М. Гузь, І.М. Зима, Т.Т. Малюгін, А.Б. Василевський, І.Є. Крастініш, Ю.М. Горелов та ін.

На сьогодні у світлі еколого- і енергозберігаючих технологій і обладнання актуальним є питання зменшення енерго- і трудовитрат під час корчування пнів. З цією метою на кафедрі лісопромислового виробництва та лісових доріг Національного лісотехнічного університету України зроблено аналітичний аналіз існуючих способів корчування пнів та розроблено обладнання для корчування пнів із попереднім їх розколюванням.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні застосовують способи для видалення пнів, а саме: вичісування, вертикальне видалення, видалення викручуванням, вирізання пнів, вертикальне видалення із застосуванням вібраторів та віброударних пристосувань.

Вичісування пнів із землі робочим органом, відвалом із зубами, є основним, на сьогодні, способом корчування. Схему обладнання наведено на рис. 1.

Під час корчування пнів такими машинами трактор, наближаючись до пня, опускає відвал 3 із зубами 2 в ґрунт на певну глибину і штовхаючим зусил-

лям викорчує пень. Цей спосіб є найбільш продуктивний, а технічні засоби, що використовуються при цьому, відрізняються простотою конструкції. За таким принципом працюють лісогосподарські машини [1] КМ 1А, МРП – 2А, МП – 7А.

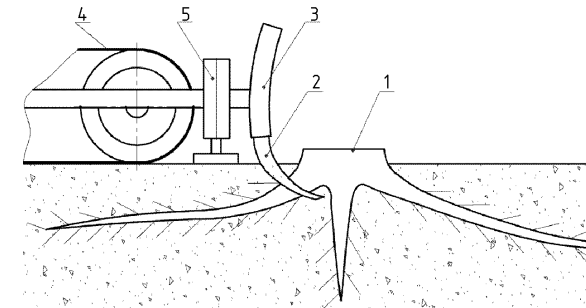


Рис. 1. Схема обладнання корчувача-вичісувача пнів

До **істотних недоліків** цих корчувальних машин варто віднести їхнє, порівняно невелике, штовхаюче зусилля, яке не дає змоги за один прийом корчувати великі пні. Так, у випадку корчування пнів діаметром 0,3-0,5 м потрібне штовхаюче зусилля в межах 100-250 кН, внаслідок чого пні діаметром до 30 см корчуть за один-два прийоми, попередньо обрізавши зубами бокові корені з однієї сторони, а пні діаметром до 40 см корчуть за декілька прийомів, попередньо обрізавши бокові корені з двох або трьох сторін. У разі корчування пнів діаметром більше ніж 40 см потрібно не тільки попередньо обрізати бокові корені, а й підкопати його зубами знизу і, розхитуючи пень або використовуючи вертикальну підйомну силу відвалу та гідродомкратів, видалити його з ґрунту.

Під час корчування пнів таким способом спостерігають значне руйнування ґрунтового покриву, перемішування його горизонтів, збіднення гумусного шару. Під час корчування і згрібання пнів у купи з кожного гектара вносять від 1,0 до 1,5 тис. м³ ґрунту. У випадку вертикального видалення пнів з корінням витягують з ґрунту прикладеним до нього статичним вертикальним зусиллям. Цей спосіб застосовують під час видалення одиночних, товстотвірних пнів, заготовів пневної деревини та осмолу. Схему корчувального обладнання для вертикальної екстракції пнів наведено на рис. 2.

Під час корчування пнів такими машинами тракторист маніпулятором 5 наводить захоп 3 на пень і лапами 2 захоплює шийку пня. Створюючи вертикальне зусилля маніпулятором 5 і гідродомкратами 4, машина викорчує пень із землі. У цьому випадку пень викорчується з великим комом землі. Для часткового обтрушування пнів та коренів від ґрунту, деякі конструкції корчувачів оснащені вібраторами. До машин, які працюють за цим принципом, відносять [2] АКП – 1А, КПТМ – 1С.

До **істотних недоліків** цього способу потрібно віднести необхідність докладання великих статичних зусиль, в межах 200 кН і більше, для вертикального витягування пнів із землі, внаслідок чого корчувальні машини є металоємними й енергозатратними. Під час корчування пнів таким способом відбувається пошкодження поверхневого шару ґрунту та створення на лісосіці місячного рельєфу.