

Наука — виробництву

УДК 622.24.065

DOI: 10.31471/1993-9973-2020-3(76)-61-70

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТРАЄКТОРІЮ РУХУ СИТОПОЛОТНА ВІБРОСИТА

Н. В. Федоляк, М. М. Лях, В. В. Михайлів

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727101,
e-mail: no@nimg.edu.ua

Оскільки форма траєкторії руху ділянок ситополотна вібросита суттєво впливає на ефективність очищення бурового розчину від вибуреної породи, в даній статті визначено та проаналізовано чинники, що впливають на формування траєкторії руху ситополотна. При цьому досліджено характер руху частинок вибуреної породи. Рівняння руху точки віброграми і певної ділянки ситополотна може бути описане неоднорідним диференціальним рівнянням другого порядку (рівнянням Ньютона). Також розглянуто рівняння траєкторії руху віброрами, що враховує вплив на траєкторію руху кількості бурового розчину, який знаходиться в певний момент часу на ситополотні. Враховано складну систему бурового розчину, який перебуває на ситополотні і складається з рідини та твердих фракцій – мулу, піску та шламу. Кожна з складових бурового розчину в різні періоди часу в залежності від положення на ситополотні рухаються з різними траєкторіями і різними іншими змінними параметрами по довжині ситополотна. Так, рідина та глина рухаються без відриву від ситополотна, а шлам та зкоагульована глина – з відривом від транспортуючої площини. Тому основною метою досліджень було отримання графічної реальної траєкторії руху вибраної точки віброрами бурових вібросит, порівняння її з теоретичними графічними залежностями та встановлення параметрів, які впливають на зміну амплітуди коливань віброрами в реальних умовах його роботи. Висвітлення проблеми та основні результати досліджень виконані в реальних умовах при роботі вібросит на бурових установках з використанням простих пилючих пристроїв, встановлених в шести місцях – з лівої і правої сторін віброрами вище передньої та задньої амортизуючих пружин, а також в центрі мас – між пружинами. Всі реальні траєкторії руху окремих точок віброрами і ситополотна можна описати певними фігурами Ліссажу. Однак, встановлено, що не всі траєкторії руху повністю співпадають з класичними фігурами Ліссажу, оскільки на траєкторію руху впливають сторонні фактори, спричиняючи хаотичність руху віброрами – ефект Зомерфельда, а також нерівномірність подачі бурового розчину. На характер руху віброплощини - ситополотна також впливає жорсткість віброопори, в тому числі і всієї конструкції віброрами. В зоні віброопор можливе виникнення явища резонансу. Крім цього, попередньо встановлено, що траєкторія руху точки певної ділянки ситополотна є фігурою просторовою, яка вимагає додаткових теоретичних і експериментальних досліджень. Під час руху бурового розчину ситополотном з підкиданням ефективність очищення буде значно вищою за рахунок збільшення вібросили. На основі аналізу результатів чинників, що впливають на траєкторію руху ситополотна, даються попередні рекомендації для правильно налаштування вібросита.

Ключові слова: бурове вібросито, очищення бурового розчину, траєкторія руху вібросита, ситополотно вібросита, віброрама, рух з підкиданням, фігура Ліссажу.

Так как форма траектории движения участков ситополотна вибросита существенно влияет на эффективность очистки бурового раствора от выбуренной породы, в данной статье приводится определение и анализ факторов, влияющих на формирование траектории движения ситополотна. При этом проводится исследование характера движения частиц выбуренной породы. Уравнения движения точки вибросита, соответственно, и определенного участка ситополотна, которое может быть описано неоднород-

ным дифференциальным уравнением второго порядка (уравнением Ньютона). Также рассмотрены уравнения траектории движения виброрама, учитывающие влияние на траекторию движения количества бурового раствора, который находится в определенный момент времени на ситополотне. Учтена сложность системы находящегося на ситополотне бурового раствора, который состоит из жидкости и твердых фракций – ила, песка и шлама. Каждая из составляющих бурового раствора в различные периоды времени в зависимости от положения на ситополотни движутся с разными траекториями и разными другими переменными параметрами по длине ситополотна. Так, жидкость и глина движутся без отрыва от ситополотна, а шлам и свернутой глина – на расстоянии от транспортирующей плоскости. Поэтому основной целью исследований было получение графической реальной траектории движения выбранной точки виброрама буровых вибросит, сравнение ее с теоретическими графическими зависимостями и установление параметров, влияющих на изменение амплитуды колебаний виброрама в реальных условиях его работы. Освещение проблемы и основные результаты исследований выполнены в реальных условиях при работе вибросит на буровых установках с использованием простых пишущих устройств, установленных в шести местах – с левой и правой сторон виброрама выше передней и задней амортизирующих пружин, а также в центре масс – между пружинами. Все реальные траектории движения отдельных точек виброрама и ситополотна можно описать определенными фигурами Лиссажа. Однако не все траектории движения полностью совпадают с классическими фигурами Лиссажа из-за влияния на нее посторонних факторов, вызывающих хаотичность движения виброрама (эффект Зомерфельда), а также неравномерности подачи бурового раствора. На характер движения виброплоскости – ситополотна также влияет жесткость виброопоры, в том числе и всей конструкции виброрама. В зоне виброопоры возможно возникновение явления резонанса. Кроме этого, предварительно установлено, что траектория движения точки определенного участка ситополотна является фигурой пространственной, которая требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований. При движении бурового раствора по ситополотне с подбрасыванием эффективность очистки будет значительно выше за счет увеличения вибросилы. На основе анализа результатов факторов, влияющих на траекторию движения сито полотна, даются предварительные рекомендации для правильной настройки вибросита.

Ключевые слова: буровое вибросито, очистки бурового раствора, траектория движения вибросита, ситополотно вибросита, виброрама, движение с подбрасыванием, фигура Лиссажа.

Due to the fact that the shape of the trajectory of the sieve vibrating screen significantly affects the efficiency of cleaning the drilling mud from the drilled rock, this article identifies and analyzes the factors influencing the formation of the trajectory of the sieve. The study of the nature of the motion of the particles of the drilled rock is carried out. The motion-equation of the point of the jiggling frame, respectively, and a certain section of the screen can be described by an non-homogeneous second-order differential equation (Newton equation). The equation of the trajectory of the jiggling frame is also considered. The influence of the amount of drilling mud, which is on the vibrating screen at a certain time-point, on the trajectory is taken into account in this equation. The drilling mud complex system consisting of liquid and solid fractions – sludge, sand and sludge – is taken into account. In this case, the fluid and clay move without separation from the sieve, and sludge and coagulated clay – with separation from the transport surface. Depending on the position on the sieve, each component of the drilling mud at different time periods moves with different trajectories and different other variable parameters along the length of the sieve. Therefore, the main purpose of the research is to obtain a graphical real trajectory of the selected point of the jiggling frame of vibrating screens, to compare it with theoretical graphical dependences and to establish parameters that affect the change in the amplitude of jogging frame vibrations in real operating conditions. The coverage of the problem and the main results of the research are performed in real conditions (when vibrating screens work on the drilling rigs). The research is performed using simple recording devices installed at six places – on the left and right sides of the jiggling frame above the front and rear shock absorbing springs, and in the center of stuff – between springs. All the real trajectories of certain points of the jiggling frame and screen can be described using certain Lissajous figures. However, it was found that not all trajectories coincide completely with the classic Lissajous figures, because the trajectory is influenced by external factors that cause chaotic motion of the jiggling frame – the Sommerfeld effect, as well as non-uniformity of drilling fluid delivery. The nature of the movement of the vibrating plane - the screen - is also affected by the rigidity of the vibrating support, including the entire structure of the vibrating screens. The phenomenon of resonance is possible in the area of vibration supports. In addition, it was previously established that the trajectory of the point of a certain area of the screen is a spatial figure that requires additional theoretical and experimental studies. When moving the drilling fluid on the sieve with the toss, the cleaning efficiency will be much higher due to the increase in vibration force. Based on the analysis of the results of the factors influencing the trajectory of the sieve, preliminary recommendations are given for the correct adjustment of the vibrating screen.

Key words: drilling vibrating screen, drilling mud cleaning, vibration screen movement trajectory, vibrating screen sieve, vibrating frame, throwing motion, Lissajous figure.

Вступ

Однією з найважливіших конструктивно-робочих ознак віброст є форма траєкторії руху точок віброрами, що суттєво впливає на ефективність очищення бурового розчину від вибуреної породи. В залежності від фізичних властивостей бурового розчину, що очищується на ситополотні вібростита, будуть змінюватись характеристики руху точок віброрами. В свою чергу, характер руху частинок бурового розчину по ситополотні залежатиме від характеру руху віброрами. Для різних типів вібростит цей вплив може бути різним, що суттєво впливатиме на якісні показники роботи. Тому дослідження чинників, що впливають на форму траєкторії руху віброрами та характер руху частинок вибуреної породи ситополотном, є актуальною проблемою, яка потребує не лише теоретичного вивчення, а й експериментального дослідження.

Аналіз досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення проблеми. Бурові вібростита генерують колову, лінійну, незбалансовано-, прогресивно- або збалансовано-еліптичну траєкторію руху точок віброрами залежно від конструктивних особливостей їх виконання. Траєкторії руху віброрами існуючих вібростит відповідають фігурам Ліссажу з співвідношеннями між періодами частот коливань (власної та вимушеної) $\omega_0 : \omega = 1 : 1$ [1]. Траєкторія руху віброрами має вигляд кола (при зсуві фаз $\psi = \pi / 2$), еліпса (при $\psi = \pi / 4$ та $\psi = 3\pi / 4$). При зсуві фаз $\psi = 0$ чи $\psi = \pi$ рух віброрами буде лінійним. В [1] теоретично доведено, що дані твердження мають місце лише в ідеальних випадках, а в реальних умовах роботи форма траєкторії руху точок віброрами є складною просторовою фігурою, яка має вигляд квазіатрактора.

Рівняння руху точки віброрами залежить від траєкторії її руху та описується лінійним

неоднорідним диференціальним рівнянням другого порядку (рівнянням Ньютона) [3]:

$$\ddot{y} + \omega_0^2 y = P \cos \omega x, \quad (1)$$

де \ddot{y} – друга похідна вертикальної складової переміщення центру мас віброрами;

ω_0 – власна частота коливань віброрами, яка опирається на віброопори;

y, x – вертикальна та горизонтальна складові переміщення центру мас віброрами;

P – рушійне зусилля, яке створюється електродвигуном, що продукує коливання частотою ω .

Графічно розв’язок диференціального рівняння другого порядку зображено на рис. 1, а.

У випадку, коли частота вільних коливань співпадає з частотою коливань, які збуджує джерело, що створює вимушуючу силу ($\omega_0 = \omega$), маємо випадок резонансних коливань. В [3] наведено графічну залежність для резонансних коливань (рис. 1, б).

В результаті теоретичних досліджень [1] було виведено рівняння траєкторії руху віброрами (ситополотна), що враховує вплив на неї кількості бурового розчину, який знаходиться в певний момент часу на ситополотні, та має вигляд:

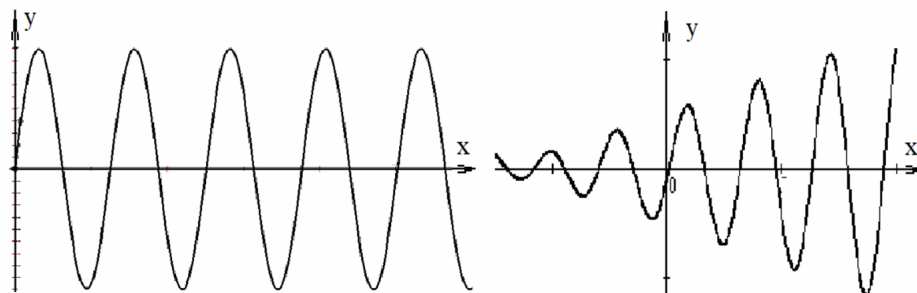
$$\left(m_p + \sum_{i=1}^n m_{ci} + m \right) \cdot \ddot{y} + b \cdot \dot{y} + c \cdot y = P \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi) - \cos(\alpha) \cdot g \cdot \left(m_p + \sum_{i=1}^n m_{ci} + m \right), \quad (2)$$

де m_p – маса віброрами;

n – кількість частинок, що знаходяться на ситополотні в певний момент часу;

m_{ci} – маса твердої частинки (шламу), що рухається з підкиданням;

m – маса рідкої фази разом з піском та глиною, що рухаються без підкидання;



а) – нормальна робота; б) – випадок резонансних коливань

Рисунок 1 – Графічний розв’язок рівняння Ньютона

\ddot{y} – друга похідна вертикальної складової переміщення центру мас віброрами, що відраховується від положення статичної рівноваги (вертикальна складова вектора прискорення a);

b – коефіцієнт опору переміщенню;

\dot{y} – перша похідна вертикальної складової переміщення центру мас віброрами (вертикальна складова вектора швидкості v);

c – жорсткість пружних опор віброрами;

y – вертикальна складова переміщення центру мас віброрами;

P – рушійне зусилля, створюване електро-двигунами;

ω – частота коливань віброрами;

ψ – зсув фаз;

t – час;

g – прискорення вільного падіння;

α – кут нахилу ситополотна до горизонталі.

Рух ситополотна спричиняє переміщення бурового розчину вздовж його віброплощини, причому характер руху частинок залежить не тільки від траєкторії руху віброрами, а й від складу розчину, що очищується. Буровий розчин – складна система, що складається з рідин (води чи нафти) та твердих фракцій (мулу, піску та шламу) [5], тобто є сукупністю трьох фаз, дві з яких рухаються без відриву від ситополотна (рідина та глина), а тверда фаза (шлам та зкоагульована глина) – з відривом від ситополотна. При очищенні бурового розчину на віброриті кожна з складових в різний період часу та в залежності від положення на ситополотні рухається неоднаково. Характер її руху залежатиме від різних факторів [2].

Зокрема, частинка може рухатись без відриву від поверхні віброплощини (без підкидання) в тому випадку, коли виконується умова $N(t) > 0$, де $N(t)$ – нормальна реакція віброплощини. Тобто параметр перевантаження

$$\xi = \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha} \leq 1, \quad (3)$$

де A – амплітуда,

ω – частота коливань віброрами,

β – кут нахилу траєкторії коливання відносно площини,

g – прискорення вільного падіння;

α – кут нахилу ситополотна до горизонталі [2].

Частинки бурового розчину також можуть рухатись з підкиданням (з відривом від віброплощини). При цьому повинна виконуватись умова $N(t) \leq 0$, і параметр перевантаження повинен задовольняти умові

$$\xi = \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha} > 1. \quad (4)$$

При відриві від поверхні ситополотна нормальна реакція віброплощини рівна 0 ($N(t)=0$), а в момент часу, коли $N(t) < 0$, частинка перебуває в польоті.

Твердження, наведені вище, мають місце під час руху частинки нерухомою площиною.

Мета та задачі дослідження

Метою досліджень було отримати графічно реальну траєкторію руху точки віброрами бурових віброрит та порівняти її з теоретичними графічними залежностями – розв'язком диференціальних рівнянь (рис.1) та фігурами Ліссажу [1, 4]. В результаті проведених досліджень автори встановили параметри, які впливають на зміну амплітуди коливань віброрита в реальних умовах його роботи.

Висвітлення проблеми та основні результати досліджень

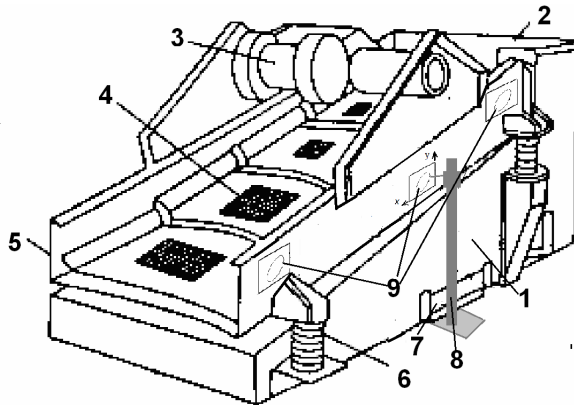
В реальних умовах роботи віброрит теоретичні основи роботи віброрит не повністю відповідають реальним умовам, тому для дослідження роботи реальних віброрит було проведено ряд експериментів на бурових Хрещинського відділення бурових робіт бурового управління «Укрбургаз» ДК «Укргазвидобування» НАК «Нафтогаз України». Зокрема, експериментальні дослідження проводились на свердловині «Веснянка-112», циркуляційна система якої обладнана двома віброритами ВС-1. Дане віброрито застарілої конструкції, траєкторія руху точок його віброрами незбалансовано-еліптична, тобто амплітуда коливань ситополотна змінюється в залежності від віддаленості його від центру збудження коливань. В дію віброрито приводиться двома електродвигунами потужністю 3 кВт, продукуючи частоту коливань 17,3 Гц та максимальну амплітуду 3,5 мм. Його найбільша продуктивність на воді при роботі з сіткою чарунками 0,16x0,16 становить 0,038 м³/с [1]. Віброрама опирається на чотири віброопори пружинного типу, розміщені симетрично з лівої та правої сторони віброрита. Також проводився експеримент на свердловині того ж підприємства, циркуляційна система якої обладнана віброритами ЛВС-5 Сумського заводу „Укрнефтьзапчасть”. Віброрама цих сит здійснює лінійний рух.

Для побудови графіків руху точки віброрами було використано найпростіший спосіб реєстрації – пишучий пристрій (стіжка, встановлена нерухомо відносно основи блоку очи-

щення, пишучий наконечник якого дотикається до торця віброрами, на якій закріплено папір, на якому відбуватиметься реєстрація траєкторії) (рис. 3). Пишучий наконечник має можливість незначного горизонтального переміщення вісю у. Зареєструвати рух точки віброрами можливо тільки в площині ху, оскільки для просторової фіксації потрібне більш складне реєструюче обладнання.



Рисунок 2 – Віброрито ВС-1



1 – нерухома рама, 2 – завантажувальний бункер, 3 – вібродвигун, 4 – ситополотно, 5 – віброрама, 6 – віброопори, 7 – скид очищеного бурового розчину, 8 – реєструючий пристрій, 9 – місця реєстрації

Рисунок 3 – Схема реєстрації траєкторії руху точки на віброрами

Для проведення експерименту на віброрами бурових віброрит ВС-1 та ЛВС-5 було закріплено міліметровий папір в шести місцях – з лівої та правої сторін віброрами вище передньої та задньої амортизуючих пружин, а також в центрі – між двома пружинами (рис. 4, а, б).

Реєстрація траєкторій руху проводилась простим пишучим пристроєм, що здійснював рух горизонтально відносно монтажної бази віброрита, встановленої на блоці очищення бурового розчину.

Твердження 1. Реальні траєкторії руху точки можна описати фігурами Ліссажу. В результаті графічної реєстрації кривих траєк-



а)



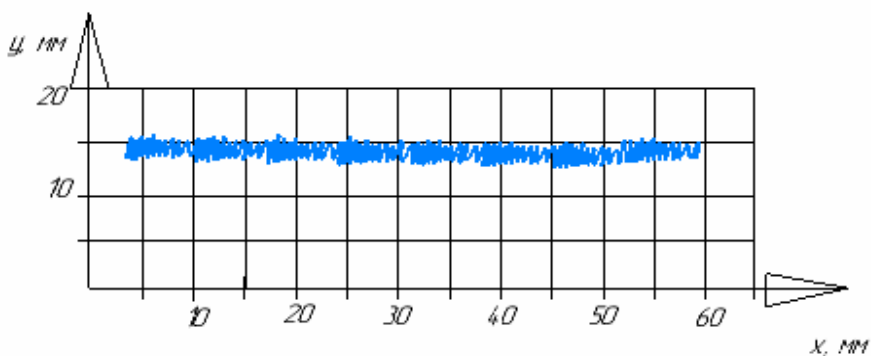
б)

а – задня віброопора, б – середина віброрами та передня пружинна віброопора

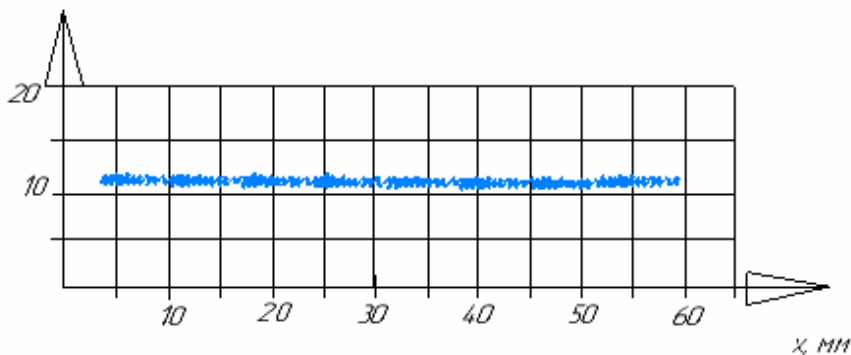
Рисунок 4 – Місця реєстрації амплітуди коливань віброрами на віброриті ВС-1 на свердловині Веснянка-112 Хрещищенського ВБР

торій переміщення точок віброрами в умовах Хрещищенського ВБР на свердловині Веснянка-112 було отримано графічні зображення (рис. 5). З правої та лівої сторони віброрами вдалось зареєструвати майже ідентичні графічні залежності, тому в подальшому вважатимемо їх практично однаковими.

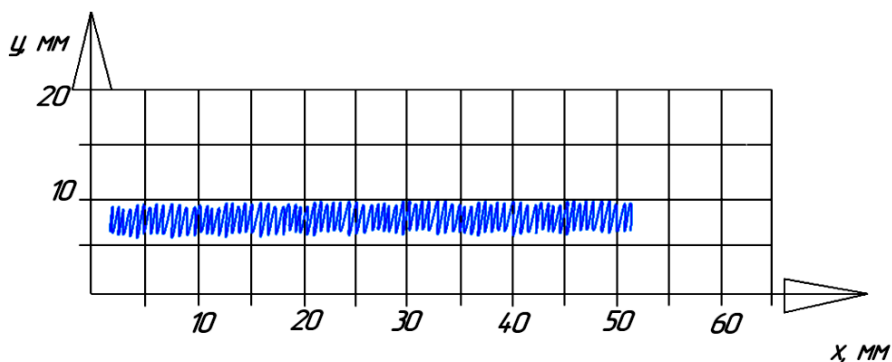
На діючій буровій було проведено також дві експериментальні реєстрації траєкторій руху віброрами віброрита ЛВС-5 Сумського заводу „Укрнефтьзапчасть”. Перша – на віброриті, де віброрама коливалась без наявності бурового розчину на ситополотні, друга – при наявності на ситополотні бурового розчину. Результати графічної реєстрації представлені на рис. 6. Доречно відмітити, що експеримент проводився тоді, коли нове віброрито було змонтоване, але ще не було в експлуатації, оскільки зношеність робочих вузлів могла б вплинути на результати досліджень. Дослідження ж при наявності бурового розчину реєструвались на максимальній подачі бурових насосів в умовах спорудження даної свердловини (на початку буріння подача насосів повинна бути максимальною для забезпечення технологічних умов буріння, а тиск – мінімальним).



а)



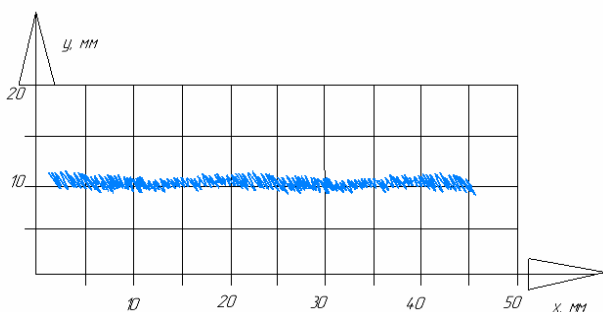
б)



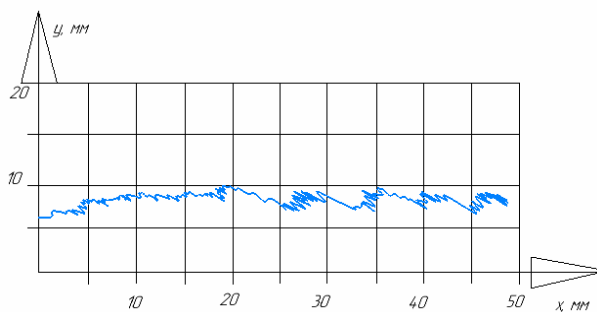
в)

*а – зона задньої пружинної віброопори; б – середина віброрами;
в – зона передньої пружинної віброопори*

Рисунок 5 – Графічна реєстрація траєкторій переміщення точок віброрами на свердловині Веснянка-112 Хрестищенського ВБР



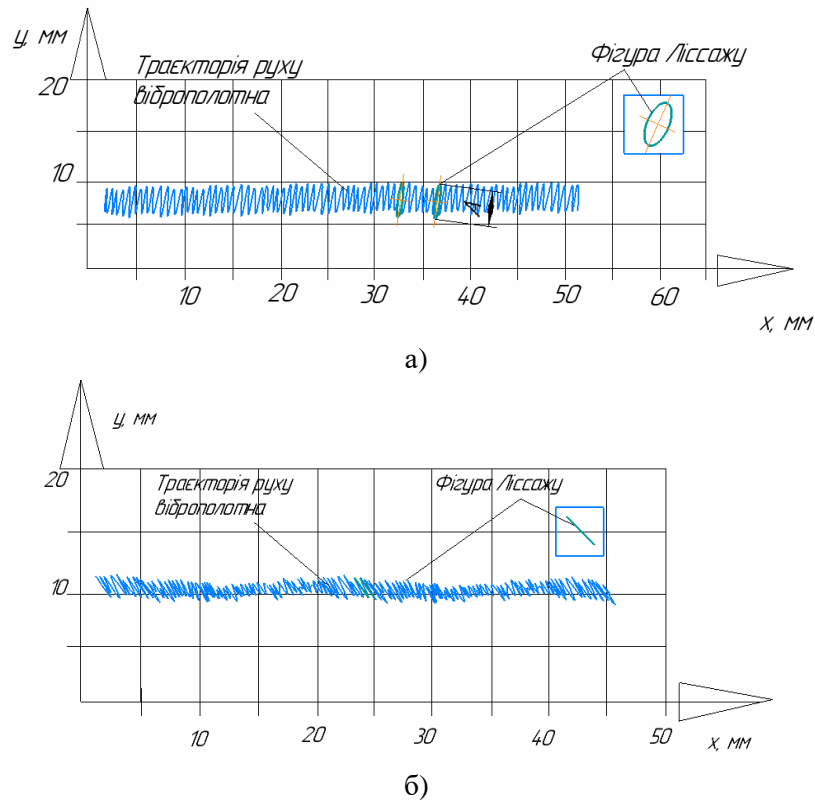
а)



б)

а – при незавантаженому ситополотні; б – за наявності бурового розчину на ситополотні

Рисунок 6 – Графічна реєстрація траєкторій переміщення точок віброграми бурового вібростата ЛВС-5 над передньою лівою пружинною віброопорою



а – вібростита ВС-1, що здійснює незбалансовано-еліптичний рух;
 б – вібростита ЛВС-5, що здійснює лінійний рух

Рисунок 7 – Фігури Ліссажу та реальна траєкторія руху точки

Згідно [1] траєкторія руху точки віброплощини незбалансовано-еліптичного вібростита є еліпсом, а для лінійного – лінією, як зображено на рис. 7. вібростита ВС-1 (рис. 1) має збалансовано-еліптичну траєкторію руху, тобто вершини кривих реєстрації заокруглені при вершинах, а вібростита ЛВС-5 – лінійну (вершини його кривих реєстрації гострі, що свідчить про різку зміну напрямку руху віброрами, що є характерним для лінійного руху).

Для реального руху віброрами траєкторії руху не повністю співпадають з класичними фігурами Ліссажу, оскільки на траєкторію руху впливають різні фактори, які спричиняють хаотичність руху віброрами (ефект Зомерфельда), а також нерівномірність подачі бурового розчину, його маса, що є змінною в часі тощо [1].

Твердження 2. На характер руху віброплощини впливає маса бурового розчину, який знаходиться на ній. Для доведення даного твердження було проведено реєстрацію руху віброплощини лінійного вібростита ЛВС-5. У першому випадку (рис. 6, а) – при незавантаженому віброститі, у другому (рис. 6, б) – за наявності на ситополоні бурового розчину. При незавантаженому віброститі амплітуда змінюється не-

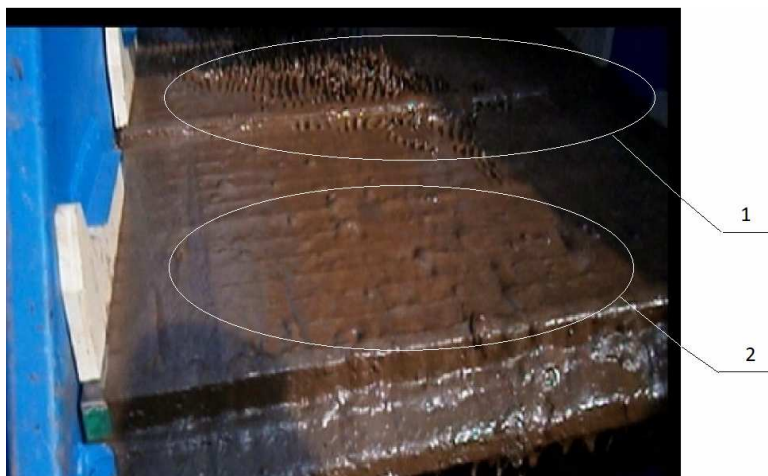
значно, є майже сталою на всій довжині реєстрації, частота коливань постійна, що видно з рівновіддаленості ліній реєстрації одна від одної. При реєстрації з навантаженим віброститом, коли подача максимальна, бачимо зростання амплітуди коливань, причому в різних ділянках вона не є сталою. Це є причиною зміни ваги бурового розчину в різний проміжок часу на віброплощині.

Щодо ваги бурового розчину, який потрапляє на ситополотно, можемо стверджувати: його вплив не є системним, про що свідчить нерівномірність стрибків кривих реєстрації.

За таких умов в результаті експерименту можна візуально краще побачити зміни амплітуди коливань за наявності на ситополоні бурового розчину та вплив його ваги на зміну траєкторії руху точок віброрами.

Твердження 3. На характер руху віброплощини впливає жорсткість віброопори.

На рис. 5 видно, що амплітуда коливань віброрами в зоні передньої пружинної віброопори (передня частина вібростита – зона потрапляння бурового розчину на ситополотно) значно більша, ніж в зоні задньої віброопори та посередині віброрами (15 см від центру мас). Це пояснюється впливом жорсткості пружин на



1 – з підкиданням; 2 – без підкидання

Рисунок 8 – Рух бурового розчину по ситополотні вібросита ВС-1

траєкторію руху точок, і, відповідно, на амплітуду коливань.

Жорсткість пружинних віброопор дозволяє збільшити або зменшити амплітуду коливань вібросита та змінити траєкторію коливань віброрами [6].

Твердження 4. У зоні віброопор можливе виникнення явища резонансу [6].

При знятті даних з передньої пружинної віброопори спостерігаємо максимальне значення амплітуди, яке рівне 3,8 мм, що більше за максимальне паспортне значення амплітуди. Ріст значень амплітуди цілком очікуваний, оскільки кінці віброрами не є жорстко закріплені та коливаються відносно центру мас вібросита більше, ніж середина ситополотна, яка розташована під центром мас.

При аналізі даних графічної реєстрації амплітуд задньої пружинної віброопори та в середній частині віброрами вібросита можна зробити припущення, що спостерігаємо резонанс коливань пружинної віброопори та частоти коливань, що створюється двигуном.

Випадок резонансних коливань (частота вільних коливань співпадає з частотою коливань, яке збуджує джерело, що створює вимушену силу ($\omega_0 = \omega$)) яскраво спостерігаємо на передній пружинній віброопорі (рис. 5, в): порівняно з серединою віброрами, амплітуда на якій складає 0,1 мм, стрибок значення амплітуди над передньою віброопорою значний і досягає максимального значення – 3,8 мм. Це можна пояснити тим, що відбувся резонанс і частота коливань віброрами, яка збуджується електродвигуном потужністю 3кВт співпав з частотою коливань віброопори, яка має жорсткість меншу, аніж в заводському виконанні даного вібросита.

В задній частині віброрами над пружинною віброопорою спостерігаємо також підвищення амплітуди до 0,3 мм, що менше аніж над передньою пружиною, але більше, ніж над середньою частиною віброрами.

Твердження 5. Траєкторія руху точки певної ділянки ситополотна є фігурою просторовою.

При детальному розгляді графіка (рис. 1, в) можемо спостерігати нечіткість ліній, що свідчить про наявність горизонтальних відхилень від площини реєстрації. Тому можемо зауважити, що реєстрована траєкторія не є плоскою, як фігури Ліссажу, а об'ємною. В [1] було доведено, що сукупність траєкторій руху точок віброрами є просторовими фігурами, причому хаос є впорядкованим і траєкторія руху одиничної точки є квазіатрактором.

Твердження 6. При русі з підкиданням ефективність очищення бурового розчину вища. Як можемо бачити на рис. 8, характер руху бурового розчину на ситополотні на різних ділянках неоднаковий. На початку очищення частинки в передній частині ситополотна рухаються з відривом від ситополотна (з підкиданням), а в зоні осушування шламу (в другій половині ситополотна) спостерігаємо рух без підкидання.

При здійсненні віброплощиною еліптичних рухів параметр перевантаження становить

$$\psi = \frac{A_{\eta} \omega^2}{g \cos \alpha}, \quad (5)$$

де A_{η} – амплітуда переміщення поперечної складової коливань;

ω – частота коливань віброрами;

g – прискорення вільного падіння;

α – кут нахилу ситополотна до горизонталі [2].

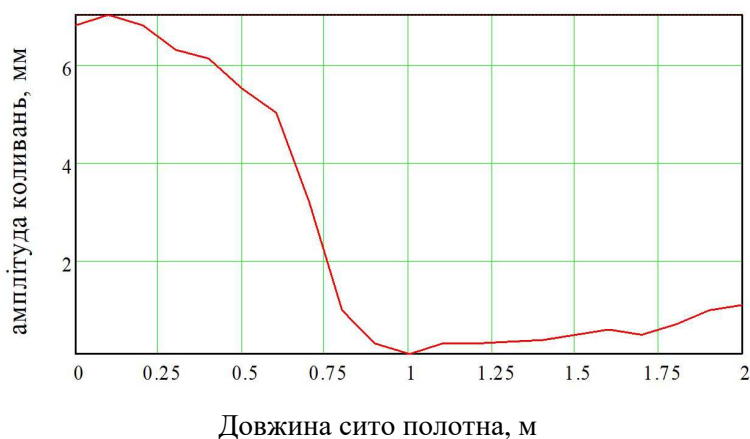


Рисунок 9 – Графічна залежність зміни амплітуди по довжині ситополотна

При $\psi \leq 1$ частинка рухається без підкидання, а при $\psi > 1$ має місце режим з підкиданням [1].

На початку очищення спостерігаємо рух з інтенсивним підкиданням, ближче до середини поверхні режим перехідний – деякі частинки рухаються з підкиданням, але більшість вже рухається без відриву від поверхні. Наприкінці ситополотна буровий розчин рухається без відриву від поверхні. При цьому кут нахилу ситополотна до горизонту α залишається незмінним, але змінюється амплітуда коливання (5-7 мм на початку ситополотна, 0,1-0,3 мм на середині та 0,5-1 мм в кінці).

Практикою встановлено, що на площі віброповерхні, де спостерігається рух з підкиданням, очищується до 75 % бурового розчину, а в площині, де він рухається без підкидання, відбувається так зване осушення шламу. Отож, ефективність очищення при русі з підкиданням значно вища, проте енергетичні затрати при цьому також значно вищі.

Режим високої пропускної здатності забезпечують вібросити, що генерують значну силу коливань (до 6-8G), що дозволяє зменшити час перебування бурового розчину на ситополотні та збільшити об'єм розчину, що очищується. Шлам, що потрапляє при цьому в амбар, може містити значну кількість вологи, оскільки швидкість переміщення частинок по віброполотні висока, а кількість ударів до віброплощини менша через значну дальність польоту після відбивання. В результаті волога не повністю відділяється від твердих частин та певна кількість розчину потрапляє в скид разом зі шламом, що призводить до його незворотних втрат і зростання вартості метра проходки.

Тому запорукою ефективного очищення бурового розчину є правильне налаштування вібросит, оскільки це дозволить досягти макси-

мального осушення шламу, що потрапляє в скид.

На рис. 5 наведено реальний приклад налаштування вібросит на роботу з максимальною подачею. При цьому віброопори, які знаходяться біля бункера завантаження, зафіксовані з меншим зусиллям затиску, а віброопори біля скиду – з більшим зусиллям затиску. На відміну від більшості вібромашин, які використовуються в промисловості та налаштовуються на однакову жорсткість вібропружин, бурове вібросито генерує різні амплітуди по всій довжині віброплощини.

На рис. 9 зображено криву зміни амплітуди а на довжині віброполотна L як функцію $a=f(L)$ згідно даних досліджень [1, 4]. Аналізуючи наведену залежність, можна зробити висновки, що амплітуда по всій довжині змінюється по-різному і залежить від багатьох факторів. На початку завантаження бурового розчину амплітуда віброколивань найбільша, а частота – низька. Це пояснюється малою силою затягнення віброопор та тим, що кінець ситополотна є нежорстко защемлений з торців, що створює певну вільність коливань кінця ситополотна. В результаті резонансу коливань віброопори та власних коливань ситополотна, що генеруються вібродвигуном, амплітуда досягає максимальних значень.

Збільшена сила віброколивань (6-8 G) та висока амплітуда спричиняють рух бурового розчину з підкиданням (віброкипіння) (рис. 8). Сумуючи силу, з якою частинка бурового розчину рухається вниз, та нормальну реакцію віброплощини, яка рухається їй назустріч, створюється удар, що призводить до розбивання скоагульованих частинок. Це значно підвищує ефективність очищення, оскільки частинки меншого діаметра вже можуть просочитись через чарунки вібропита.

Під центром мас віброрами амплітуда досягає свого мінімального значення, а характер руху бурового розчину змінюється від руху з підкиданням на рух без відриву від ситополотна. Віброопори перед ділянкою скиду мають вищу жорсткість, оскільки затягнуті з більшим зусиллям затиску. В кінці ситополотна рух відбувається без відриву від віброплощини, при цьому амплітуда зростає. В цій ділянці відбувається осушування шлама, оскільки низька амплітуда та висока частота коливань створюють режим роботи, при якому число ударів частинок шлама об ситополотно зростає, тобто збільшується ймовірність просочування частинки через чарунки сита. Також високочастотні коливання доруйнують послаблені ударами в зоні віброкипіння частинки з'єднаної глини та піску, рідка фаза просочується через чарунки, а тверда (шлам) майже без рідкої фази транспортується до скиду.

Зростання амплітуди в кінці віброплощини (сито полотна) створюють зусилля, достатні для переміщення частинки шлама на певну віддаль від ситополотна для попередження потрапляння її під ситополотно та повторного забруднення очищеного бурового розчину, який знаходиться знизу в бункері.

Висновки

Для вибору амплітуди коливання ситополотна з метою забезпечення раціонального режиму роботи бурового віброосита доцільно брати за основу графічну залежність зміни амплітуди на довжині сито полотна. При цьому необхідно враховувати густину, в'язкість та насиченість вибуреною породою бурового розчину.

Аналізуючи основні чинники, які впливають на траєкторію руху ситополотна, встановлено, що не всі траєкторії руху співпадають з класичними фігурами Ліссажу, оскільки на траєкторію руху ситополотна впливають сторонні фактори, в т.ч. нерівномірність поступлення бурового розчину, що викликає ефект Зомерфельда. Також встановлено, що точки окремих ділянок ситополотна мають траєкторію руху, яка описується просторовою фігурою, а це вимагає додаткових теоретичних і експериментальних досліджень.

Література

1. Лях М.М., Федоляк Н.В. Дослідження впливу змінних параметрів на траєкторію руху віброрами бурового віброосита. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2016. № 3 (60). С. 71-78.

2. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.). М.: Машиностроени. Т. 4. Вибрационные процессы и машины. 1981. 509 с.

3. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1996. 432 с.

4. Лях М.М., Федоляк Н.В., Вакалюк В.М. Дослідження впливу коливальних рухів сітки на ефективність роботи віброосита. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2015. № 4. С. 36-42.

5. Басарьгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учеб. для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. 674 с.

6. Лях М.М., Федоляк Н.В., Рейті О.О. Визначення жорсткості віброопор бурових віброосит. *Актуальні задачі сучасних технологій* : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль: ТНТУ, 2016. С. 46-47.

References

1. Liakh M. M., Fedoliak N. V. Doslidzhennia vplyvu zminnykh parametriv na traiektoriiu rukhu vibroramy burovoho vibrosyta. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*. 2016. No 3 (60). P. 71-78. [in Ukrainian]

2. Vibratsii v tehnikе: Spravochnik. V 6-ti t. / Red. совет: V.N. Chelomey (pred.). M.: Mashinostroenie. T. 4. Vibratsionnyie protsessy i mashiny / Pod red. E.E. Lavendela, 1981. 509 p. [in Russian]

3. Trofimova T.I. Kurs fiziki. M.: Vysshaya shkola, 1996. 432 p. [in Russian]

4. Liakh M.M., Fedoliak N.V., Vakaliuk V.M. Doslidzhennia vplyvu kolyvalnykh rukhiv sitky na efektyvnist roboty vibrosyta. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*. 2015. No 4. P. 36-42. [in Ukrainian]

5. Basaryigin Yu.M., Bulatov A.Y., Proselkov Yu.M. Tehnologiya bureniya neftyanykh i gazovykh skvazhin: Ucheb. dlya vuzov. M.: ООО «Nedra-Byznestsentr», 2001. 674 p. [in Russian]

6. Liakh M.M., Fedoliak N.V., Reiti O.O. Vyznachennia zhorstkosti vibroopor burovoykh vibrosyt. *Aktualni zadachi suchasnykh tekhnologii* : zb. tez dopovidei mizhnar. nauk.-tekhn. konf. Molodykh uchenykh ta studentiv, (Ternopil, 17–18 lystop. 2016.) / M-vo osvity i nauky Ukrainy, Tern. natsion. tekhn. un-t im. I. Puliuia [ta in.]. Ternopil: TNTU, 2016. P. 46-47. [in Ukrainian]