УДК 62-521:62-868:62-531.7

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО ВІБРОСИТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ БУРОВОГО РОЗЧИНУ

[1]В.Т. Болонний, [2]Р. В. Чубик, [2]Н.М. Зрайло

[1]ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська,15, тел. (0342), 72-71-37
e-mail: v a s i l _ b @ b k . r u

[2]Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка;
82100, м. Дрогобич, вул. Стрийська 3 кім. 1а; e-mail: R _ C h u b y k @ y a h o o . c o m

Для очищення бурових розчинів від вибуренної породи застосовують обладнання двох типів: для механічного очищення і для розділення фракцій твердої фази, різних за величиною і щільністю, за допомогою відцентрових сил. Механічне очищення, здійснюване за допомогою вібраційних сит, забезпечує видалення з суспензій частинок, розмір яких визначається величиною чарунок сита.

В роботі наведено електромеханічну модель адаптивного вібросита яке, на відміну від класичних варіантів руху ситових полотнищ разом із віброрамою по замкненій круговій чи еліптичній траєкторії, дозволяє при довільній та змінній в часі масі завантаження адаптивного вібросита буровим розчином: автоматично генерувати додатково повздовжні коливання ситових полотнищ відносно віброрами при одночасній круговій чи еліптичній траєкторії коливань самої віброрами, автоматично забезпечувати мінімальні енергозатрати на технологічний процес віброочищення за рахунок постійного резонансного режиму коливань віброрами, автоматично забезпечувати (стабільну питому роботу вібраційного поля, питому потужність вібраційного поля) технологічно оптимальні параметри вібраційного впливу сіткових полотнищ на буровий розчин.

Ключові слова: дебалансний вібропривод, адаптивна вібромашина, циркуляційна система, вібраційне поле, вібросито, механічне очищення, буровий розчин.

Для очистки буровых растворов от выбуренной породы применяют оборудование двух типов: для механической очистки и для разделения фракций твердой фазы, различных по величине и плотности, с помощью центробежных сил. Механическая очистка с помощью вибрационных сит обеспечивает удаление из суспензий частиц, размер которых определяется величиной ячеек сита.

В работе приведена электромеханическую модель адаптивного вибросита, которое, в отличие от классических вариантов движения ситовых полотнищ вместе с виброрамой по замкнутой круговой или эллиптической траектории, позволяет при произвольной и изменяемой во времени массе загрузки адаптивного вибросита буровым раствором: автоматически генерировать дополнительные продольные колебания ситовых полотен относительно виброрамы при одновременном круговой или эллиптической траектории колебаний самой виброрамы, автоматически обеспечивать минимальные энергозатраты на технологический процесс виброочистки за счет постоянного резонансного режима колебаний виброрамы, автоматически обеспечивать (стабильную удельную работу вибрационного поля, удельную мощность вибрационного поля) технологически оптимальные параметры вибрационного воздействия сетевых полотнищ на буровой раствор.

Ключевые слова: дебалансный вибропривод, адаптивная вибромашина, циркуляционная системам, вибрационное поле, вибросито, механическая очистка, буровой раствор.

To clean the drilling mud extracted from rocks used two types of equipment: equipment for mechanical treatment and equipment for the separation of solids fractions of different size and density using centrifugal forces. Mechanical cleaning, carried out by means of vibrating screens, ensures removal of suspended particles, the size of which is determined by sieve cells.

This paper presents an adaptive model of electromechanical vibrating mud sieve *in contrast to the classical version of the motion of screen panels with vibration frame closed circular or elliptical path allows for arbitrary and time-varying load of adaptive* vibrating mud sieve to perform the following operations*: automatically generate an additional longitudinal oscillations of screen panels relative vibrational frame while the circular or elliptical trajectory of the oscillation vibrating automatically provides the minimum energy consumption for process vibration cleaner due to the constant resonant mode of vibration vibrational frame, automatically provide (stable share of the vibration field power density vibration field) technologically optimal parameters of vibration grid panels on mud.*

Keywords: debalance vibrogear, adaptive vibrator, circulation systems, vibratory field, vibrating, mechanical cleaning, drilling mud.

Вступ. Для повного очищення бурових розчинів циркуляційні системи обладнуються комплексом очисних пристроїв. Своєчасне та високоякісне очищення бурових розчинів значно підвищує довговічність багатьох вузлів бурового обладнання, зокрема насосів та гідравлічних вибійних двигунів. Згідно із [1, 2, 3] якість очищення бурових розчинів має суттєвий вплив на ефективність процесу буріння свердловин. Використання зашламованих розчинів є причиною сальникоутворення в свердловинах та прихоплення бурової колони, створює небезпеку обвалювання стінок свердловин та є причиною виникнення ще багатьох інших

ускладнень при бурінні. Первинне очищення бурового розчину проводиться вібраційними ситами, за допомогою яких видаляються із бурового розчину частинки породи (шлам) розміром більше 150 мкм. Це важлива і обов'язкова ступінь очищення бурового розчину, котра забезпечує видалення із розчину більшої частини шламу. Від якості очищення бурового розчину на першій ступені (вібраційним ситом) також залежить ефективність роботи наступних ступенів очищення ([4] гідроциклонних пісковідділювачів, гідроциклонних намуловідділювачів, сепараторів та високопродуктивних центрифуг які дозволяють відповідно відділити частинки розміром ≥ 40 мкм, ≥ 25 мкм, ≥ 10 мкм). Метод очищення бурових розчинів за допомогою вібросита є універсальним і дозволяє очистити обважнені і необважнені бурові розчини на водній, нафтових та інших основах. Існують випадки, коли згідно з технологією дана ступінь очищення (вібросито) залишається єдиною, тому від ефективності її роботи залежить якість бурового розчину і, як наслідок, довговічність та надійність нафтогазового обладнання та ефективність процесу буріння свердловин. Вібраційні сита для очищення бурових розчинів знайшли широке застосування у нафтогазовидобувній промисловості, тому робота з розширення технологічних можливостей та зменшенню енергозатрат на технологічний процес вібропросіювання бурового розчину є актуальною для даної галузі народного господарства.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій. Із джерел [1, 4] видно широкий спектр фірм, що випускають на промисловому (серійному) рівні вібросита, зокрема Свако, Бароїд, Міл-хем, Брандт, Лінк-Белт, Оверстром, Зальцгіт-тер, Дресер-Макобар, Маг-Центрифуг, Медеа-ріс, Хатчинсон, Кем-Трон, Трі-Фло, Ганн-Меканіске серед колишніх радянських вібросит широко відомі ВС-1, ВС-2, ВС-2Б та інші. Конструктивні рішення вібросит вищеперерахованих фірм та марок відрізняються кількістю віброрам, взаєморозміщенням ситополотнищ по вертикалі (кількістю ярусів), сталими та регульованими кутами нахилу віброрам до горизонталі, різною комбінацією ситополотнищ (горизонтальні, нахилені, з різними розмірами чарунок) у віброрамах. Серед широкої гами даних конструктивних рішень особливої уваги заслуговує вібраційне сито для очищення бурового розчину [5]. Його конструкція містить нерухому основу з вмонтованою ванною, завантажувальний бункер з встановленим на ньому електроприводом вібратора, віброраму з вібратором і сітковою касетою, що з'єднана з нерухомою основою через гумові амортизатори та обладнана механізмом генерації повздовжніх коливань у вигляді встановлених на нерухомі вали і розміщених у сітковій касеті підпружинених барабанів, один з яких облаштований щонайменше одним контрвантажем. Особливістю такого конструкційного рішення є те, що, на відміну від класичних варіантів руху ситових полотнищ разом із віброрамою по [3] замкненій круговій чи еліптичній траєкторії, його конструктивне рішення дозволяє автоматично генерувати додатково повздовжні коливання ситових полотнищ відносно віброрами при одночасній круговій чи еліптичній траєкторії коливань самої віброрами. Така особливість конструкції дозволяє, попри високу якість очищення додатково повздовжніми коливаннями, інтенсифікувати процес очищення бурового розчину від механічних домішків (шламу) за рахунок самоочищення чарунок (клітинок) ситових полотнищ від забивання шламом.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Вище згадані конструкції вібросит для очищення бурового розчину від шламу нездатні автоматично забезпечувати та підтримувати в часі енергетично вигідний резонансний режим коливання віброрами. При резонансному режимі роботи частота циклічної вимушуючої сили дебалансного віброприводу постійно наближається до частоти, яка близька власній частоті коливань пружної системи адаптивного вібросита при заданому завантаженні робочого органу (віброрами). Відповідно до [6], в області резонансу (при $\omega \approx \omega_0$) пружна система сама, попри зовнішні сили, надає віброрамі необхідного прискорення, роль зовнішньої сили зводиться до подолання сил тертя, а амплітуда швидкості віброрами по фазі збігається із зовнішньою силою. При чому зовнішня сила F_0 виконує найбільшу корисну роботу, тому що напрям руху робочого органу вібромашини постійно збігається із напрямом зовнішньої вимушуючої сили. І навпаки, коли ω помітно відрізняється від ω_0 напрям руху робочого органу протягом деякої частини періоду збігається із вимушуючою силою, а протягом другої частини періоду протилежний їй. Тому із енергетичної точки зору явище резонансу обумовлене тим, що коли частоти $\omega \approx \omega_0$ збігаються, то настають найбільш сприятливі умови для надходження в систему енергії від зовнішнього джерела. Створення енергоощадного вібросита при існуючих масштабах використання вібросит в нафтогазовидобувній промисловості дасть суттєвий економічний ефект. Ще одним недоліком існуючих конструкцій вібраційних сит для очищення бурового розчину є відсутність можливості автоматичної корекції динамічних параметрів вібраційного поля по відношення до змін зовнішніх умов технологічного процесу вібраційного очищення бурового розчину. Як наслідок, виникає нестабільність продуктивності роботи (інтенсивності віброобробки) вібросита. Тому удосконалення конструкції існуючих та розробка нових вібросит для очищення бурового розчину з метою розширення їхніх технологічних можливостей та зменшення енергетичних затрат на реалізацію ними технологічного процесу віброочистки має як наукову актуальність, так і народногосподарське значення.

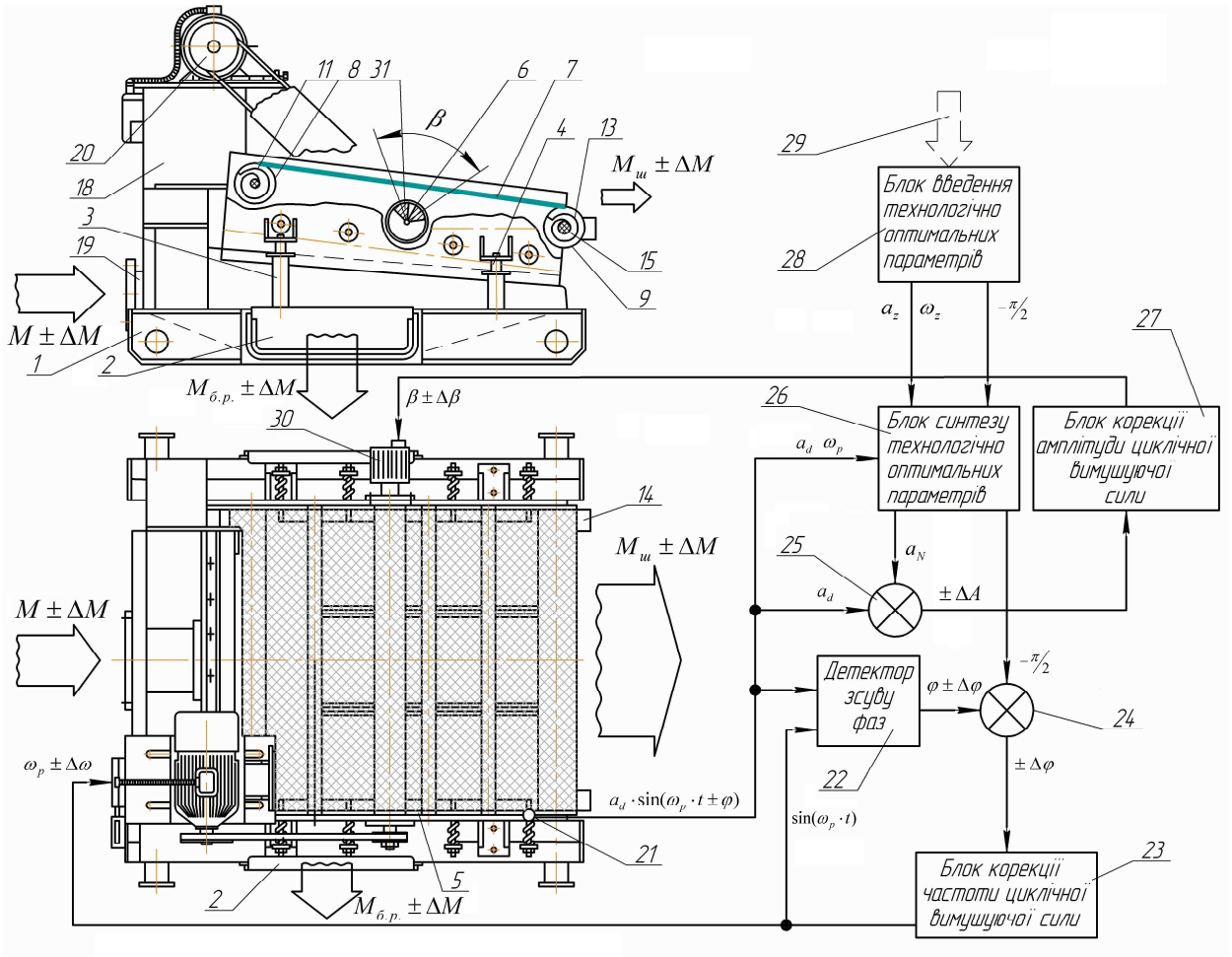

Рисунок 1 – Електромеханічна структура адаптивного вібросита для очищення бурового розчину

Мета роботи. Враховуючи вище викладені невирішені проблеми, метою статті є розробка конструктивного рішення та електромеханічної моделі адаптивного вібросита для очищення бурового розчину здатного забезпечити мінімальні енергозатрати на технологічний процес очистки за рахунок постійного резонансного режиму роботи віброрами та технологічно оптимальні параметри вібраційного впливу сіткових полотнищ на буровий розчин при довільній та змінній в часі масі завантаження адаптивного вібросита буровим розчином.

Висвітлення основного матеріалу. Запропоноване адаптивне вібросито для очищення бурового розчину складається із нерухомої рами 1 (рис. 1) з вмонтованою ванною зі зливним люком 2, вертикальної стійки 3, гумових амортизаторів 4, рухомої віброраму 5, дистанційно керованого шляхом зміни кута β між дебалансами 31 за допомогою крокового двигуна 30 (чи сервоприводу) вібратора 6 [6] і сіткової касети 7. Усередину сіткової касети 7 встановлено барабани 8, 9 таким чином, що вони утворюють повздовжній натяг сіткової поверхні касети 7. Барабан 8 встановлений на нерухомому валу 10 і містить спіральну пружину кручення 11; при цьому один її кінець закріплений до внутрішньої поверхні барабана 8, а другий - до нерухомого валу 10. Відповідно барабан 9, що встановлений на нерухомому валу 12, містить спіральну пружину кручення 13, яка одним кінцем закріплена до внутрішньої поверхні барабана 9, а другим до нерухомого валу 12. На зовнішній поверхні барабана 9 встановлено щонайменше один контргруз 14. Крім того, барабан 9 містить храповий механізм у вигляді храповика 15 з фіксатором 16, який встановлений з можливістю ковзання поверхні сіткової касети 7 по направляючих 17. На завантажувальному бункері 18, що містить патрубок 19 подачі бурового розчину, розміщений електропривод вібратора 20. Електропривод вібратора 20 електрично з'єднаний із виходом блоку корекції частоти циклічної вимушуючої сили 23 та з другим із двох входів детектора зсуву фаз 22. Перший із двох входів детектора зсуву фаз 22 електрично з'єднаний із першим із двох входів першого компаратора 25 та одним із трьох входів блоку синтезу технологічно оптимальних параметрів 26 та давачем вібрації 21, що жорстко закріплений на віброрамі 5. Вихід детектора зсуву фаз 22 електрично з'єднаний із другим із двох входів другого компаратора 24, а перший із двох входів другого компаратора 24 електрично з'єднаний із другим із двох виходів блоку синтезу технологічно оптимальних параметрів 26. Вхід другого компаратора 24

електрично з'єднаний із входом блоку корекції частоти циклічної вимушуючої сили 23. Перший із двох виходів блоку синтезу технологічно оптимальних параметрів 26 електрично з'єднаний із другим входом першого компаратора 25, а вихід першого компаратора 25 електрично підключений із входом блоку корекції амплітуди циклічної вимушуючої сили 27. Вихід блоку корекції амплітуди циклічної вимушуючої сили 27 електрично з'єднаний із кроковим двигуном (чи сервоприводим) 30 дистанційно керованого вібратора 6 [6]. Другий і третій входи блоку синтезу технологічно оптимальних параметрів 26 електрично з'єднаний із виходами блоку введення технологічно оптимальних параметрів 28, а сам блоку введення технологічно оптимальних параметрів 28 через внутрішньопромислову мережу 29 може бути з'єднаний за допомогою стандартних протоколів (напр. CC-Link) із центром керування процесами видобутку нафти чи газу.

Буровий розчин поступає через патрубок 19 в завантажувальний бункер 18 і через отвір в ньому подається на поверхню сіткової касети 7. Маса бурового розчину, що надходить на сітковy касету 7 постійно змінюється ($M \pm \Delta M$) тобто є змінною величиною в часі. Зміна маси бурового розчину $M \pm \Delta M$ обумовлюється постійною зміною складу бурового розчину, зокрема його твердою складовою (різними за вагою шматочками шламу). В процесі очищення адаптивним віброситом бурового розчину маса, яка покидає сіткову касету 7 не є також величиною, стабільною в часі. Це обумовлюється різною інтенсивністю просіювання, що є функцією багатьох змінних, тобто залежить від багатьох факторів. Зокрема від забивання комірок (чарунок) сіткової поверхні 7, від динамічних параметрів вібраційного впливу рухомої віброрами 5 на оброблюване середовище (буровий розчин) та від реологічних характеристик оброблюваного середовища. Тому маса бурового розчину $M_{б.р.} \pm \Delta M$, що покидатиме сіткову касету 7, та маса шламу $M_{ш} \pm \Delta M$ також будуть нестабільними функціями відносно часу. Опираючись на це, можна зробити висновок, що загальна маса робочого органу (сіткової касети 7, рухомої віброрами 5 та дистанційно керованого вібратора 6 адаптивного вібросита для очищення бурового розчину є постійно змінною величиною в часі ($M_{р.о.} = f(t)$). В роботах [6, 8] показано, що зміна маси робочого органу коливної механічної системи адаптивного вібросита зумовлюватиме постійну зміну в часі власної резонансної частоти ω_0. Маса робочого органу запропонованого адаптивного вібросита для очищення бурового розчину визначатиметься масою рухомої віброрами 5, що оснащена дистанційно керованим вібратором 6 та масою сіткової касети 7 разом із невідфільтрованим буровим розчином. Тому для того, що б забезпечити роботу адаптивного вібросита для очищення бурового розчину в постійному резонансному енергозберігаючому режимі необхідно в реальному масштабі часу проводити корекцію ω_p частоти циклічної вимушуючої сили дистанційно керованого вібратора 6 так, щоб ω_p завжди була рівна власній резонансній частоті ω_0 коливної механічної системи адаптивного вібросита. Структура запропонованого адаптивного вібросита дозволяє зміною частоти обертань $\omega_p \pm \Delta\omega$ електроприводу 20 дистанційно керованого вібратора 6 керувати вимушеною частотою коливань його робочого органу. Конструкція робочого органу запропонованого адаптивного вібросита дозволяє забезпечити сіткову касету 7 попри основну [6, 8] еліпсоподібну форму коливань робочого органу разом із сіткову касету 7 ще і додатково повздовжніми коливаннями сіткової касети 7. Додаткові повздовжні коливання сіткової касети 7 забезпечуються натягом сіткової поверхні рухомими барабанами 8, 9, які зв'язані з нерухомими валами 10, 12 за допомогою пружин кручення 11, 13 та храпового механізму, що містить храповик 15 з фіксатором 16. Контргруз 14 під дією дистанційно керованого вібратора 6 за рахунок сил інерції, приводить у коливний (кутовий) рух барабан 9. Цей рух передається на сіткову касету 7 і барабан 8. Пружини кручення 11, 13 виконують відновлюючу функцію. Таким чином, барабани 8, 9, контргруз 14, пружини 11, 13 складають механізм генерації подовжніх коливань сіткової касети 7 в робочому органі адаптивного вібросита. Завдяки еліпсоподібним коливанням робочого органу на власній резонансній частоті ω_0 коливної механічної системи адаптивного вібросита та додатковим повздовжнім коливанням сіткової касети 7 відносно робочого органу буровий розчин інтенсивніше переміщується по поверхні сіткової касети 7, фільтрується, а шлам транспортується у відвал. Наявність додаткових повздовжніх коливань сіткової касети 7 сприяє більш інтенсивному руху шламу у відвал і звільняє комірки сіткової поверхні від шматочків шламу, які застрягли у чарунках сітки.

Для того, щоб забезпечити плавний запуск коливання робочого органу адаптивного вібросита на власній резонансній частоті коливань ω_0, необхідно перед запуском електропривода 20 дистанційно керованого вібратора 6, щоб блок корекції амплітуди циклічної вимушуючої сили 27 дав команду крововому двигуну 30 розвести дебаланси 31 дистанційно керованого вібратора 6 на кут $\beta \approx 180°$. Це необхідно для того, щоб врівноважити дебалансний вал дистанційно керованого вібратора 6 і тим самим забезпечити майже нульове значення амплітуди циклічної вимушуючої сили дистанційно керованого вібратора 6. Після чого блок корекції частоти циклічної вимушуючої сили 23 проведе запуск електроприводу 20 дистанційно керованого вібратора 6 із наперед заданою опе-

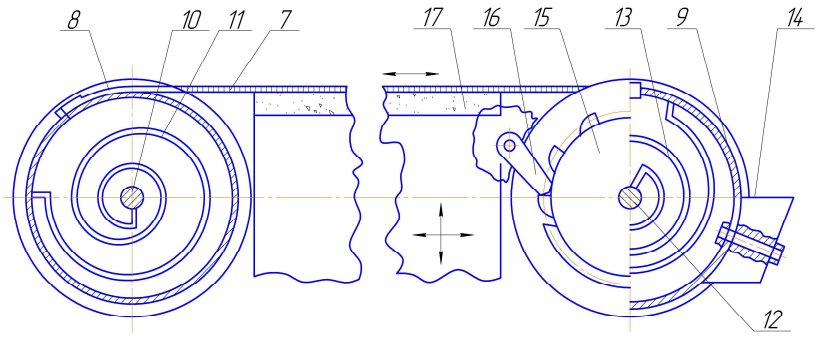

Рисунок 2 – Механізм генерації повздовжніх коливань адаптивного вібросита для очищення бурового розчину

ратором адаптивного вібросита частотою ω_p. В результаті цього робочий орган адаптивного вібросита почне здійснювати вимушені коливання [6,8] із частотою ω_p. Інформацію про амплітуду та частоту коливань робочого органу адаптивного вібросита буде знімати та передавати до блоків системи керування давач вібрації 21, що жорстко закріплений на віброрамі 5. Інформація про динамічні параметри робочого органу адаптивного вібросита у формі $a_d \cdot \sin(\omega_p \cdot t \pm \varphi)$ надходить у детектор зсуву фаз 22. Також у детектор зсуву фаз 22 в реальному масштабі часу надходить інформація про частоту циклічної вимушуючої сили дистанційно керованого вібратора 6 у формі $\sin(\omega_p \cdot t)$. Тобто у детектор зсуву фаз 22 в реальному масштабі часу надходить інформація про збурення ($\sin(\omega_p \cdot t)$) коливної механічної системи адаптивного вібросита та інформація про реакцію ($a_d \cdot \sin(\omega_p \cdot t \pm \varphi)$) коливної механічної системи адаптивного вібросита на дане збурення. Відповідно джерел [6, 8, 9] при резонансному режимі коливань завжди існує відставання амплітуди вимушених коливань робочого органу коливної механічної системи адаптивного вібросита від амплітуди циклічної вимушуючої сили дистанційно керованого вібратора 6 на чверть періоду $\varphi = \pi/2$. Тому другий компаратор 24 в реальному масштабі часу порівнює оптимальне значення зсуву фаз ($-\pi/2$) із реально існуючим зсувом фаз $\varphi \pm \Delta\varphi$ між амплітудою циклічної вимушуючої сили дистанційно керованого вібратора 6 і амплітудою вимушених коливань робочого органу адаптивного вібросита. За знаком та абсолютною величиною $\pm\Delta\varphi$ блок корекції частоти циклічної вимушуючої сили 23 буде проводити корекцію $\omega_p \pm \Delta\omega$ частоти циклічної вимушуючої сили на величину $\pm\Delta\omega$ аж доки $\pm\Delta\varphi$ не стане рівним нулю, тобто буде виконуватися умова $\varphi = -\pi/2$. Такий контур адаптивного керування буде завжди забезпечувати енергетично вигідний резонансний режим роботи ($\omega_p \approx \omega_0$) адаптивного вібросита при довільній та змінній в часі масі завантаження сіткової касети 7 буровим розчином.

Після того як система керування електроприводом 20 дистанційно керованого вібратора 6 вирівняє частоти $\omega_p \approx \omega_0$, блок корекції амплітуди циклічної вимушуючої сили 27 почне проводити вивід амплітуди коливань робочого органу адаптивного вібросита на заданий технологічно оптимальний рівень. Корекція амплітуди циклічної вимушуючої сили дистанційно керованого вібратора 6 проводиться шляхом зміни кута β на величину $\pm\Delta\beta$ між дебаланси 31 дистанційно керованого вібратора 6. Величина поправки $\pm\Delta\beta$ залежить від знаку та абсолютної величини необхідного приросту $\pm\Delta A$ амплітуди коливань робочого органу адаптивного вібросита.

Інформація про задані $a_z, \omega_z, \varphi = -\pi/2$ технологічно оптимальні динамічні параметри робочого органу адаптивного вібросита надходить від оператора через блоку введення технологічно оптимальних параметрів 28 в блоку синтезу технологічно оптимальних параметрів 26. В блоці синтезу технологічно оптимальних параметрів 26 відбувається визначення a_N необхідного (оптимального) значення амплітуди коливань робочого органу адаптивного вібросита для даної дійсної ($\omega_p \approx \omega_0$) робочої частоти коливань коливної механічної системи. В зв'язку із тим, що адаптивна система керування постійно в реальному масштабі часу підстроює частоту ($\omega_p \pm \Delta\omega$) циклічної вимушуючої сили дистанційно керованого вібратора 6 на резонансний режим роботи $\omega_p \approx \omega_0$ і дана робоча частота ω_p відрізняється від заданої технологічно оптимальної ω_z, тому блок синтезу технологічно оптимальних параметрів 26 проводить в реальному масштабі часу розрахунок нового необхідного a_N значення амплітуди коливань робочого органу адаптивного вібросита на новій резонансній робочій частоті $\omega_p \approx \omega_0$. Роз-

рахунок необхідного a_N значення амплітуди коливань робочого органу адаптивного вібросита адаптивна система керувань проводить виходячи із міркувань забезпечення стабільності заданого критерію оцінки впливу робочого органу на буровий розчин. В принципі, критерієм оцінки впливу робочого органу на буровий розчин може бути цілий ряд відомих параметрів. Наприклад, питома робота вібраційного поля [10, 11, 12, 13], питома потужність вібраційного поля [10, 11, 12, 13], коефіцієнт динамічної в'язкості середовища (бурового розчину) [14], швидкість горизонтального вібротранспортування [15], коефіцієнт перевантаження [16] (коефіцієнт динамічності). Якщо за критерій оцінки вібраційного впливу взяти, наприклад, питому роботу вібраційного поля, створеного робочим органом адаптивного вібросита по відношенню до бурового розчину, то вона згідно із [10, 11, 12, 13] визначатиметься виразом $a_z^2 \cdot \omega_z^2$. З метою збереження заданого значення питомої роботи на власній ($\omega_p \approx \omega_0$) резонансній частоті коливань коливної механічної системи адаптивного вібросита необхідно змінити амплітуду коливань робочого органу, виходячи з того, щоб дана рівність залишалась в силі $a_z^2 \cdot \omega_z^2 = a_N^2 \cdot \omega_p^2$. Тому перший компаратор 25 порівнює, чи дійсна амплітуда коливань робочого органу a_d рівна необхідній a_N на даній власній ($\omega_p \approx \omega_0$) резонансній частоті коливань коливної механічної системи адаптивного вібросита. У випадку їх розбіжності виникає $\pm\Delta A$ за цим параметром (модуль та знак) блок корекції амплітуди циклічної вимушуючої сили 27 проводить зміну кута β на величину $\pm\Delta\beta$ між дебаланси 31 дистанційно керованого вібратора 6, зводячи $\pm\Delta A$ до нуля забезпечуючи рівність дійсної амплітуди коливань робочого органу a_d із необхідною a_N на даній робочій частоті $\omega_p \approx \omega_0$ для забезпечення рівності (стабільності) вибраного критерію для оптимізації параметрів механічного впливу. Запропонована структура адаптивного вібросита для очищення бурового розчину дозволяє незалежно в процесі роботи адаптивного вібросита автоматично працювати двом контурам адаптивного керування (налагодження), один з яких в автоматичному режимі безперервно оптимізовуватиме роботу дистанційно керованого вібратора 6 завжди забезпечуючи енергетично вигідний резонансний режим роботи рухомої віброрами 5 із сітковою касетою 7, а другий контур в автоматичному режимі безперервно оптимізовуватиме параметри вібраційного впливу дистанційно керованого вібратора 6 на робочій резонансній частоті виходячи із вибраного оператором адаптивного вібросита для кількісної оцінки вібраційного впливу технологічно оптимального критерію. Тому після запуску оператором адаптивного вібросита адаптивна двоконтурна система керування сама налагодить постійний резонансний режим роботи та підтримуватиме при ньому технологічно оптимальні параметри вібраційного впливу сіткової касети 7 на буровий розчин.

Висновки

Розроблена конструкція та електромеханічна модель адаптивного вібросита для очищення бурового розчину дозволяє: забезпечувати та автоматично підтримувати в часі протягом технологічного циклу очищення бурового розчину постійний резонансний режим коливань рухомої рами для реалізації енергоощадного режиму роботи електроприводу адаптивного вібросита; забезпечувати та автоматично підтримувати в часі задані технологічно оптимальні динамічні параметри вібраційного впливу сіткової касети на буровий розчин при енергозберігаючому резонансному режимі роботи рухомої віброрами для підтримування заданої сталої продуктивності адаптивного вібросита (питомої роботи вібраційного поля, питомої потужності вібраційного поля); забезпечувати необхідний повздовжній натяг та додаткові повздовжні коливання поверхні сіткової касети на власній резонансній частоті коливань рухомої віброрами для підвищення ефективності очищення бурових розчинів (в тому числі важких). В комплексі застосування запропонованого підходу та конструкції адаптивних вібросит для реалізації вібраційної очищення бурових розчинів дозволяє зменшити енергозатрати на вібропривод, підвищити інтенсивність вібраційного впливу і забезпечити його стабільність на власній резонансній частоті коливань віброрами та підвищити ефективність віброочищення бурового розчину завдяки постійному накладанню повздовжнього коливання сіткової касети із еліпсоподібним коливанням рухомої віброрами. Застосування запропонованої адаптивної системи керування динамічними параметрами віброприводу рухомої віброрами дозволить інтегрувати вібросита нафтогазовидобувної промисловості в сучасні високоавтоматизовані гнучкі технологічні лінії.

Необхідно встановити аналітичний зв'язок між заданими технологічно оптимальними параметри вібраційного впливу сіткових полотнищ на буровий розчин та кінематикою руху дебалансного віброприводу, енергозатратами на дебалансний вібропривод. На базі встановленого аналітичного зв'язку, необхідно розробити науково обґрунтовані методи інженерного розрахунку структурних та функціональних елементів керованого дебалансного віброприводу, виходячи із необхідних технологічно обґрунтованих параметрів (продуктивність, інтенсивність) в проектованому віброситі.

Література

1 Т. 10: Міцність та довговічність нафтогазового обладнання / Під ред. В.І. Похмурського, Є.І. Крижанівського. – Львів-Івано-Франківськ: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України; Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2006. – 1193 с.

2 Северинчик Н.А. Машины и оборудование для бурения скважин / Н.А. Северинчик. – М.: Недра, 1986. - 368 с.

3 Баграмов Р.А. Буровые машины и комплексы: учебник для вузов / Р.А. Баграмов. – М.: Недра, 1988. - 501 с.

4 Головко Н.В. Оборудование для приготовления и очистки промывочных жидкостей. Изд. 2, перераб. и доп./ Н.В. Головко. - М.: Недра, 1978. - 136 с.

5 Пат. 90908 А Україна, B65G 27/00. Вібросито для очистки бурового розчину. Рибчич І.Й., Малярчук Б.М., Огороднiков П.І., Світлицький В.М., Лисяний Г.М., Мацалак М.М. (Україна). - № a200801826; Опубл. 10.06.2010; Бюл. № 11, 3 ст.

6 Пат. 104108 UA Україна, B06B 1/16. Керований віброзбуджувач. Чубик Р.В., Ярошенко Л.В., Мокрицький Р.Б., Деньщiков О.Ю. (Україна). - № a201302007; Опубл. 25.12.2013; Бюл. № 24, 8 ст.

7 Блехман И. И. Вибрационная механіка / И.И. Блехман. - М.: Физматлит, 1994. - 400 с. (англ. перевод: Blekhman I. I. Vibrational Mechanics. (Nonlinear Dynamic Effects, General Approach, Applications). Singapore et al: World Scientific Publishing Co., 2000. 510 p.)

8 Повідайло В. О. Вібраційні процеси та обладнання / В. О. Повідайло. - Львів: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2004. – 248 с.

9 Пат. 87776 А Україна, B65B G27/00. Спосіб керування роботою адаптивних вібраційних технологічних машин. Середа Л.П., Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. (Україна). – № a200803685; опубл. 10.08.2009; Бюл. № 15. – 4 с.

10 Сердюк Л. И. Различные подходы к оценке динамических, энергетических и технологических возможностей вибрационных машин / Л. И.Сердюк, Ю. А. Давыденко, Л. М. Осина // Вибрации в технике и технологиях. Всеукраїнський науково-технічний журнал. - 2004. - № 3 (35). - С.113-117.

11 Копылов Ю. Р. Амплитудные и фазочастотные характеристики вибрирующей рабочей среды// Вибрации в технике и технологіях: Труды III международной научно-технической конференции. – Евпатория, 1998. - С.133-137.

12 Членов В.А. Виброкипящий слой / В.А. Членов, Н.В.Михайлов. – М.: Наука, 1972. – 341 с.

13 Пат. 92041 А Україна, B65G27/100. Спосіб стабілізації технологічно оптимальних параметрів вібраційного поля адаптивних вібраційних технологічних машин / Середа Л.П., Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. (Україна). - № a200806209; Опубл. 27.09.2010; Бюл. № 18, 3 ст.

14 Пат. 105859 UA Україна, B65G 27/24, (B65G 27/00) Метод стабілізації в'язкості віброкип'ячого шару в адаптивних вібраційних технологічних машинах / Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. (Україна). - № a201303641; Опубл. 25.06.2014; Бюл. № 12, 7 ст.

15 Пат. 105075 UA Україна, B65G 27/24. Спосіб стабілізації швидкості горизонтального вібротранспортування в адаптивних вібраційних машинах / Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. (Україна). - № a201206929; Опубл. 10.04.2014; Бюл. № 7, 8 ст.

16 Тимошенко С. П., Янг Д. Ж., Уивер У. Колебания в инженерном деле. (Перевод с английского канд. физ.-мат. наук Корнейчука Л. Г.; под ред. чл.-корр. АН ССР Григолюка Э. И.) - М.: Машиностроение, 1985. - 472 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 29.10.15
Рекомендована до друку професором ***Ляхом М.М.*** *(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)*
професором ***Пелещаком Р.М.*** *(Дрогобицький державний педагогіяний університет імені Івана Франка, м. Дрогобич)*