

Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

Яворський Михайло Миколайович

104
УДК 622.248.5

922

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЛІКВІДАЦІЇ
ПРИХВАТІВ БУРИЛЬНИХ КОЛОН
УДАРНИМИ МЕХАНІЗМАМИ

05.15.10 – Буріння свердловин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ - 2001

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі буріння нафтових і газових свердловин Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (м.Івано-Франківськ) Міністерства освіти і науки України.

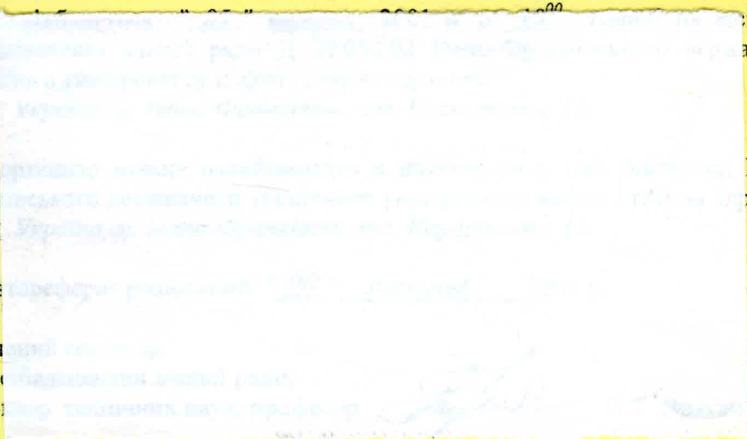
Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Мислюк Михайло Андрійович,
Івано-Франківський державний
технічний університет нафти і газу,
професор кафедри буріння
нафтових і газових свердловин

Офіційні опоненти: доктор технічних наук
Гошовський Сергій Володимирович,
голова НАК "Надра України" (м. Київ),

кандидат технічних наук
Лужаниця Олександр Васильович,
Полтавське відділення Українського
державного геологорозвідувального інституту,
заступник директора з наукових питань

Провідна установа: ВАТ "Український нафтогазовий інститут" Міністерства палива та енергетики України (м. Київ)

Захис
спеці
техніч
76019



іданні
авного

З дис
Фран
76019

Івано-
ресою:

Ав

Вч

сп

до

чук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення ефективності спорудження нафтових і газових свердловин тісно пов'язане із зменшенням матеріальних і грошових витрат на ліквідацію ускладнень та аварій в бурінні. Серед різних ускладнень і аварій в бурінні до найбільш витратних відносяться прихвати колон труб. Помічено, що питома вага додаткових витрат в середньому на одну свердловину зумовлена в основному не стільки крупними аваріями (наприклад викиди і фонтани), а такими ускладненнями і аваріями як прихвати або поломки інструменту з наступними прихватами.

Проблема технологій попередження і ліквідації прихватів колон труб вивчалась багатьма дослідниками. Результатом цих досліджень став комплекс заходів, технічних засобів і технологій попередження та ліквідації прихватів.

На даний час буровими підприємствами приділяється значна увага профілактиці прихватів та безаварійним технологіям проходження свердловин. Але, як показує аналіз промислових даних, в середньому кількість прихватів на 1000 м проходки свердловин зберігається. Це насамперед зв'язано з впливом геологічних факторів, які не піддаються достовірному прогнозу і контролю, зростанням середніх глибин буріння, важким фінансовим станом бурових підприємств, тощо.

Вказане визначає актуальність питань удосконалення технологій ліквідації прихватів, в тому числі і найбільш поширеної технології – з допомогою ударних механізмів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась у відповідності з планами науково-дослідних робіт ДК «Укргазвидобування».

Мета і задачі дослідження. Мета дисертації полягає у підвищенні ефективності динамічної дії на прихвачений інструмент з допомогою ударних механізмів.

Основні задачі дослідження включали:

аналіз технологій ліквідації прихватів на площах бурового управління «Укрбургаз»;

розробку математичної моделі технології ліквідації прихватів з допомогою ударних механізмів;

вивчення динамічних характеристик коливальних систем при ліквідації прихватів ударними механізмами;

розробку і удосконалення технічних засобів і технологій ліквідації прихватів ударними ме



К/СХ

Об'єкт дослідження – технологія ліквідації прихватів колон труб з використанням ударних механізмів.

Предмет дослідження – динамічні процеси в бурильній колоні при ліквідації прихватів ударними механізмами.

При виконанні дисертації використовувались методи аналізу промислових даних, математичного моделювання динамічних процесів в колоні труб при ліквідації прихватів ударними механізмами, статистичні методи обробки і аналізу результатів промислових досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вивченні закономірностей динамічної дії на прихвачений інструмент та обґрунтуванні технологій ліквідації прихватів ударними механізмами з метою підвищення їх ефективності.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці технологій ліквідації прихватів ударними механізмами з підвищеною динамічною дією на прихвачений інструмент.

Особистий внесок здобувача. Виконаний аналіз технологій ліквідації прихватів, проведені дослідження динамічних характеристик, сформульовані принципи вибору раціональних технологічних рішень для ліквідації прихватів ударними механізмами, проведені промислові дослідження сил опору, виконані роботи з впровадження розробок у виробництво.

Побудова математичної моделі технології ліквідації прихватів, а також розробка конструкцій ударних механізмів виконані сумісно з М.А.Мислюком, В.М.Чарковським, І.Й.Рибичем і М.П.Мельником.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідались на науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу ІФДТУНГ (Івано-Франківськ, 1998р.), науково-практичній конференції «Стан і перспективи розвідувального та експлуатаційного буріння й закінчення свердловин» (Харків, 1998 р.) і 5-ій міжнародній конференції «Нафта–газ України–98» (Полтава, 1998р.). В повному об'ємі дисертаційна робота доповідалась на засіданні кафедри буріння нафтових і газових свердловин ІФДТУНГ (листопад, 2000р.).

Публікації результатів наукових досліджень. Основні результати дисертації опубліковані в 1 науково-технічному огляді, 7 наукових статтях і 5 тезах доповідей, одержано 2 патенти України.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 101 найменувань і 2 додатків. Основний зміст викладений на 142 сторінках машинописного тексту, вміщує 20 рисунків, 22 таблиці і 2 додатки.

Автор вдячний науковому керівнику дисертації докт. техн. наук професору Мислюку М. А. за постійну увагу до роботи, а також канд. техн. наук Чарковському В. М., канд. техн. наук Рибчичу І. Й. та Мельнику М. П. за допомогу при роботі над дисертацією.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі наведені аналіз прихватів колон труб при бурінні свердловин на площах бурового управління "Укрбургаз" за 1991-1998 роки та сучасного стану і шляхів удосконалення технологій ліквідації прихватів.

За даний період спостерігається тенденція нарощування об'ємів буріння при стабільних обсягах похило-скерованого буріння. Аварійність в бурінні, незважаючи на ведення профілактичної роботи, знаходиться ще на досить високому рівні і щорічні затрати календарного часу складають від 4,3 до 8,4% загального календарного часу буріння свердловин. Внаслідок цього втрати проходки від аварій щорічно складають від 4582 до 8234 м.

За аналізований період часу на бурових підприємствах "Укрбургаз" було 98 аварій, з яких 67 - прихвати колон труб. Затрати часу на ліквідацію прихватів складають 90462 год., а на ліквідацію інших видів аварій - 59425 год. Така тенденція спостерігається, як правило, кожного року (виключення складають 1995 і 1996 роки). Таким чином, прихвати відносяться до найбільш розповсюджених і витратних аварій при бурінні свердловин на площах бурового управління "Укрбургаз".

Аналіз показує, що в похило-скерованому бурінні частота виникнення прихватів суттєво вища, ніж у вертикальному бурінні, значно вищі і затрати часу та коштів в середньому на ліквідацію прихватів при бурінні похило-скерованих свердловин.

Розподіл прихватів за видами:

у вертикальному бурінні – перепад тиску (42,1%), обвал стінок свердловин(5,3%), заклинювання (39,5%), інші види (13,1%);

у похило-скерованому бурінні - перепад тиску (58,6%), обвал стінок свердловин (3,5%), заклинювання (34,4%), інші види (3,5%).

Для ліквідації прихватів найчастіше використовували встановлення нафтових ванн, ударні механізми, обурювання інструменту, перебурювання стовбура. Застосовували також,але менш успішно, технології ліквідації прихватів з допомогою торпед, зниженням рівня рідини в свердловині, з використанням пакерних пристроїв для зниження тиску на зону прихватів та інші. Торпедуванням за даний період часу ліквідували тільки один прихват.

Більш ніж в 90% випадків при ліквідації прихватів використовували декілька технологій.

Аналіз технологій ліквідації прихватів на площах бурового управління "Укрбургаз" вказує на низьку результативність таких простих і розповсюджених технологій як встановлення нафтових ванн (7%) і використання ударних механізмів (20%). Низька ефективність застосування ударних механізмів спричинена зменшенням їх парку в буровому управлінні, а також відсутністю обґрунтованих технологій використання ударних механізмів для забезпечення потужних динамічних дій на прихвачений інструмент.

Досвід ліквідації прихватів на площах бурового управління "Укрбургаз" показує, що перспективним напрямком підвищення результативності є використання комбінованих технологій дії на зону прихвату. Так застосування ударних механізмів з встановленням нафтових ванн в деяких випадках забезпечило позитивний результат.

В дисертації наведена коротка характеристика сучасного стану технологій ліквідації прихватів. Детально розглянуті питання техніки і технологій ліквідації прихватів з допомогою ударних механізмів. Відзначено, що на даний час відсутні науково-обґрунтовані рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів ударного механізму (ходу бойка) і технологій ліквідації в ударному та імпульсно-хвильовому режимах.

Результати аналізу прихватів колон труб на площах бурового управління "Укрбургаз" і стану вивченості технологій їх ліквідації з допомогою ударних механізмів дозволили визначитись в меті та основних задачах досліджень.

В другому розділі побудована математична модель технології ліквідації прихватів з допомогою ударних механізмів.

Процес ліквідації прихвату умовно розділений на два етапи:

доударний період - з моменту часу розрядження замкового пристрою до часу t_1 зіткнення бойка з ковадлом;

післяударний період - з моменту часу зіткнення бойка з ковадлом.

Динамічні процеси в однорідних секціях аварійної та прихваченої компоновок описані системою диференціальних рівнянь

$$a_i^2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} + g = \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} + 2h_j \frac{\partial u_i}{\partial t}, \quad (1)$$

де $u_i(x,t)$ – переміщення i -го елементу компоновки як функція вертикальної координати x і часу t ; a_i – швидкість поширення пружних коливань в матеріалі i -ої секції бурильного інструменту; h_j – дисипативний коефіцієнт для елементів аварійної ($j = a$) і прихваченої ($j = n$) компоновок; g – прискорення сил тяжіння.

Для доударного періоду граничні умови представлені таким чином: на верхньому кінці ($x=0$)

$$\frac{\partial u_1}{\partial x} - k_1 u_1 = 0; \quad (2)$$

в місцях переходу від однієї секції до іншої ($x = L_i$)

$$\frac{\partial u_i}{\partial x} = k_{i+1} \frac{\partial u_{i+1}}{\partial x} + \beta_{i+1}, \quad u_i = u_{i+1}; \quad (3)$$

на нижньому кінці аварійної і верхньому кінці прихваченої компоновок ($x = L_a$)

$$\frac{\partial u_a}{\partial x} = -\beta_a, \quad \frac{\partial u_{a+1}}{\partial x} = -\beta_{a+1}; \quad (4)$$

на верхній границі зони прихвату ($x = L_n$)

$$u_n = 0, \quad (5)$$

де $k_1 = c/E_1 S_1$, $k_{i+1} = E_{i+1} S_{i+1} / (E_i S_i)$, $\beta_{i+1} = \rho g L_i (S_{i+1} - S_i) / (E_i S_i)$, $\beta_a = \rho g L_a / E_a$, $\beta_{a+1} = \rho g L_a / E_{a+1}$; c - жорсткість талевої системи; E_i, S_i - модуль пружності матеріалу та площа поперечного перерізу труб i -ої секції; ρ - густина бурового розчину.

Для післяударного періоду граничні умови, за винятком координати зіткнення ($x = L_a$)

$$\frac{\partial u_a}{\partial x} = k_{a+1} \frac{\partial u_{a+1}}{\partial x} + \beta_{a+1}, \quad u_a = u_{a+1} + \beta\beta, \quad (6)$$

будуть аналогічними. Величина $\beta\beta$ визначається

$$\beta\beta = u_a(L_a, t_y) - u_{a+1}(L_a, t_y),$$

а час t_y зіткнення бойка з ковадлом знаходиться з розв'язку рівняння

$$u_{a+1}(L_a, t_y) - u_a(L_a, t_y) - u_{a+1}(L_a, 0) + u_a(L_a, 0) = \ell_\epsilon \quad (7)$$

як найменший корінь у випадку його існування (ℓ_ϵ - хід бойка ударного механізму).

Граничні умови (4) і (6) з урахуванням (7) моделюють ударний механізм. Причому умова (6) відображає сумісний рух бойка з ковадлом в післяударному періоді та відповідає жорсткому удару.

Початкові умови в доударному періоді записані для статичного стану аварійної і прихваченої компоновки в момент розрядження замкової пари, а в післяударному періоді - для кінцевого стану доударного періоду (момент зіткнення бойка з ковадлом).

Для доударного періоду розв'язок задачі (1) з урахуванням граничних умов (2) - (6) та початкових умов побудований за методом Фур'є, а

післяударного - методом інтегральних перетворень Лапласа з використанням обчислювальних процедур за Є.Г.Янютінім.

В дисертації наведені формули для розрахунку деяких динамічних характеристик (переміщення, швидкості, імпульси коливальної системи, внутрішні сили) в доударному і післяударному періодах.

Запропонована математична модель технології ліквідації прихватів ударними механізмами враховує вплив основних факторів на ефективність динамічної дії на зону прихвату. Для практичного застосування моделі (1) – (7) ідентифікації підлягають тільки дисипативні коефіцієнти h_j .

Третій розділ присвячений дослідженню динамічних характеристик коливальних систем при ліквідації прихватів з допомогою ударних механізмів в ударному та імпульсно- хвильовому режимах.

В доударному періоді вивчали зміну в часі таких величин: переміщень бойка і ковадла, їх швидкостей, імпульсів аварійної і прихваченої компоновок та коливальної системи, внутрішньої сили на верхній границі прихвату, переміщення верхнього кінця аварійної компоновки. В післяударному періоді вивчали зміну внутрішніх сил і їх складових на верхній границі прихвату та ковадлі, а також переміщення верхнього кінця аварійної компоновки.

Досліджували вплив типів компоновок аварійного і прихваченого інструментів, місця розташування ударного механізму, його конструктивних параметрів та деяких інших факторів на характеристики коливальних систем. При цьому основна увага приділялась критеріям імпульсу коливальної системи в момент зіткнення бойка з ковадлом та внутрішніх сил на верхній границі прихвату.

Показано, що найбільш загальні динамічні характеристики відпсвідають ударним механізмам з великою довжиною робочого ходу бойка. На рис.1 і 2 наведені деякі динамічні характеристики в доударному і післяударному періодах для трирозмірних аварійної і прихваченої компоновок. Розрахунки виконані для таких даних: $L_n = 3120$ м, $L_a = 2900$ м, $\ell_e = 2,3$ м, $F_n = 600$ кН, $h_a = 0,6c^{-1}$, $h_n = 0,9c^{-1}$, $d_{a1} = 114$ мм, $d_{a01} = 94$ мм, $d_{a2} = 127$ мм, $d_{a02} = 108,6$ мм, $d_{a3} = 146$ мм, $d_{a03} = 74$ мм, $L_{a1} = 2600$ м, $L_{a2} = 2750$ м, $d_{n1} = 114$ мм, $d_{n01} = 94$ мм, $d_{n2} = 127$ мм, $d_{n02} = 101,6$ мм, $d_{n3} = 146$ мм, $d_{n03} = 74$ мм, $L_{y1} = 3020$ м, $L_{y2} = 3070$ м, $\rho = 1250$ кг/м³. Тут позначені: F_n - сила розрядження замкового пристрою; d_{ai} , d_{a0i} та d_{ni} , d_{n0i} - зовнішні та внутрішні діаметри відповідних секцій аварійної і прихваченої компоновок.

В дисертації вивчені типові динамічні характеристики коливальних систем, представлених відповідно одно- дво- і трирозмірними компоновками аварійного та прихваченого інструментів для випадків слабого і сильного

затухань. Дослідження показали, що динамічні характеристики коливальних систем з більшою розмірністю компоновок не мають суттєвих відмінностей від характеристик трирозмірних компоновок.

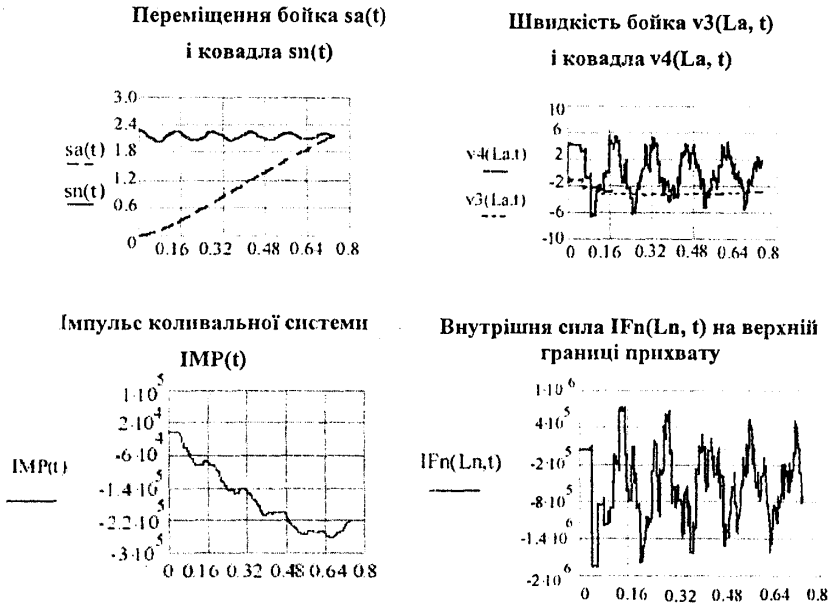


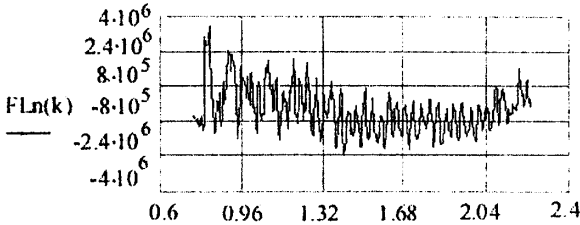
Рис. 1. Динамічні характеристики для доударного періоду

Загальним для динамічних характеристик коливальних систем в доударному періоді є зростання за абсолютною величиною імпульсу $IMP(t)$ в часі з наявним глобальним екстремумом (див. рис. 1), який може бути визначеним тільки для ударних механізмів з великим ходом бойка. Це зростання характеризується слабкими локальними екстремумами, зумовленими явищем відбиття хвиль та коливальними процесами в прихваченій компоновці інструменту.

Аналіз характеру зміни внутрішніх сил в результаті удару показує, що вони є результатом суперпозиції низькочастотних коливальних процесів, період яких визначається геометричними розмірами коливальної системи і швидкістю поширення коливальних процесів, та високочастотних коливальних процесів, породжених переміщеннями секцій аварійної і прихваченої компоновок в доударному періоді і ударною взаємодією бойка з ковадлом. Для багаторозмірних компоновок (див.рис.2) результуючі коливання складні за формою.

Вплив конструктивних і технологічних параметрів на динамічні характеристики коливальних систем при ліквідації прихватів вивчається на конкретних прикладах для ударного режиму.

Внутрішня сила $FL_n(k)$ на верхній границі прихвату



Внутрішня сила $FL_a(k)$ на ковадлі

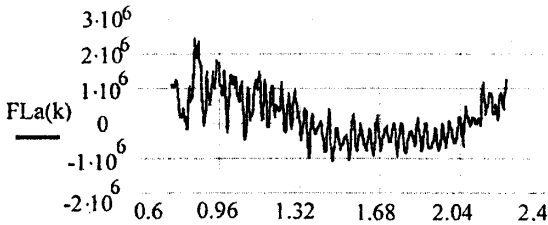


Рис.2. Динамічні характеристики для післяударного періоду

Результати розрахунків показують, що із підвищенням сили розрядження замкового пристрою підвищуються абсолютне значення імпульсу коливальної системи $IMP(t_y)$, максимальні значення внутрішніх сил на глибинах L_a і L_n , їх розмах.

Включення в аварійну компоновку ОБТ підвищує абсолютну величину $IMP(t_y)$ та внутрішні динамічні навантаження на прихвачений інструмент. При інших рівних умовах існують оптимальні довжини ОБТ, які відповідають максимумам за абсолютною величиною імпульсу коливальної системи та внутрішнім динамічним навантаженням. Причому оптимальні довжини за цими критеріями, як правило, різні. Традиційно застосовуваний на практиці вибір довжини ОБТ з умови рівності вазі прихваченого інструменту в загальному випадку не є оптимальним.

Моделювання роботи ударних механізмів показує, що вплив ОБТ на імпульс коливальної системи при інших однакових умовах є менш значним, ніж на внутрішні сили. Для ударних механізмів з короткими довжинами робочих ходів включення ОБТ в аварійну компоновку більш суттєво впливає на критерії динамічної дії на прихвачений інструмент.

Вивчали вплив довжини робочого ходу бойка (в широкому діапазоні його зміни) на динамічні характеристики коливальної системи. Результати розрахунків показали, що при інших однакових умовах існують оптимальні довжини робочого ходу, які відповідають максимальним значенням за абсолютною величиною $IMP(t_y)$ та внутрішньої сили FL_n на верхній границі прихвату.

Оптимальна довжина ℓ_{IMP}^* робочого ходу за критерієм імпульсу коливальної системи, як показують результати розрахунків, може бути оцінена за співвідношенням

$$\ell_{IMP}^* = k_0 (\Delta L_a + \Delta L_n),$$

де k_0 – коефіцієнт, який залежить в основному від дисипативних параметрів; ΔL_a , ΔL_n – видовження, відповідно, аварійної і прихваченої компонок в момент розрядження замкового пристрою. Для консервативних систем ($h_a = h_n = 0$) коефіцієнт $k_0 \approx 1$, а для неконсервативних систем коефіцієнт $k_0 < 1$ та з підвищенням h зменшується.

Дослідження показують, що виникнення максимальних внутрішніх сил на верхній границі прихвату залежить від параметрів коливальної системи і характерне для ударних механізмів з малими довжинами $\ell_{IF}^* = 0,1 \dots 0,3$ м робочих ходів. Це пояснюється закономірностями зміни інерційних навантажень, максимальні значення яких виникають в початковий період руху коливальної системи. Максимальні і мінімальні (пікові) динамічні навантаження викликані ефектами накладання хвиль.

Аналіз результатів розрахунків свідчить про те, що максимальні значення внутрішніх сил на верхній границі прихвату відповідають, як правило, таким довжинам робочих ходів, при яких швидкості бойка і ковадла протилежні за знаком і максимальні за абсолютною величиною.

Одержані результати вказують на неможливість створення універсальної конструкції ударного механізму, яка забезпечувала б ефективну динамічну дію на зону прихвату у різних умовах. Очевидно, що підвищення динамічних навантажень на прихвачений інструмент за традиційною технологією вимагає використання парку ударних механізмів з різними довжинами робочих ходів.

Аналіз характеру зміни динамічних навантажень на верхній границі прихвату при використанні ударних механізмів з різними довжинами робочих ходів бойка дозволяє визначити їх особливості з позицій можливого впливу на утримуючу силу. Це, насамперед, створення високочастотних циклічних навантажень на зону прихвату. Параметри таких навантажень можуть бути відрегульовані вибором місця розташування ударного механізму, силою розрядження замкового пристрою, довжиною робочого ходу бойка та частково компоновкою інструменту, розташованого між ударним механізмом та місцем з'єднання аварійного і прихваченого інструменту.

Результати оцінки впливу жорсткості талевої системи на динамічні характеристики при ліквідації прихватів ударними механізмами показали, що для глибоких свердловин в межах реальних змін параметрів жорсткості не спостерігається їх замітний вплив на характеристики доударного, а також післяударного періодів.

В дисертації досліджені динамічні характеристики коливальних систем при ліквідації прихватів в імпульсно-хвильовому режимі. Вибір цієї технології зводиться до визначення місця розташування ударного механізму у взаємозв'язку з іншими режимно-технологічними параметрами, при яких на верхній границі прихвату забезпечуються направлені вниз динамічні навантаження.

Результати досліджень дозволили виявити основні впливові фактори на реалізацію імпульсно-хвильового режиму роботи ударного механізму:

- глибина розташування ударного механізму - з її зменшенням (або збільшенням відстані від зони прихвату) зростає вірогідність створення від'ємних внутрішніх сил на верхній границі прихвату;
- хід бойка ударного механізму - реалізація імпульсно-хвильової технології потребує використання ударних механізмів з великими довжинами робочих ходів;
- сила розрядження замкового пристрою - з її підвищенням зростають динамічні навантаження на зону прихвату (для забезпечення від'ємних внутрішніх сил на верхній границі прихвату сила розрядження не повинна перевищувати вагу прихваченої компоновки);
- компоновка прихваченого інструмента - визначає величину і характер зміни динамічних навантажень на зону прихвату;
- компоновка аварійного інструмента - зі зменшенням жорсткісних і масових характеристик підвищується вірогідність створення від'ємних внутрішніх сил на верхній границі прихвату.

Показано, що для вибору раціональної імпульсно-хвильової технології дії на зону прихвату необхідне моделювання динамічних процесів на верхній

границі прихвату в залежності від впливових керованих факторів. Аналіз динамічних характеристик свідчить про те, що ефективне застосування імпульсно-хвильового режиму пов'язане з використанням ударних механізмів з підвищеним та регульованим ходом бойка.

В четвертому розділі наведені рекомендації та описані розробки щодо удосконалення технологій і технічних засобів для ліквідації прихватів ударними механізмами.

Результати виконаних досліджень показали, що для конкретних умов виникнення прихвату існує поєднання сили розрядження замкового пристрою, ходу бойка і компоновки інструменту, яке забезпечує оптимальне значення критерію ефективності технології ліквідації прихватів.

Виділені характерні ситуації з питань удосконалення технологій ліквідації прихватів:

1) вибір раціональної компоновки для ліквідації прихвату в ударному режимі за допомогою ударного механізму з фіксованими силою розрядження та ходом бойка;

2) вибір раціональної компоновки для ліквідації прихвату в ударному режимі за допомогою ударного механізму з фіксованим ходом та регульованою силою розрядження;

3) вибір раціональних ударного механізму та компоновки аварійного інструменту з множини наявних альтернатив для ліквідації прихвату в ударному режимі;

4) вибір оптимального ходу бойка ударного механізму з регульованим робочим ходом для існуючої компоновки аварійного інструменту та інших умов ліквідації прихвату в ударному режимі;

5) вибір вмонтованого у бурильну колону ударного механізму для ліквідації прихвату в ударному режимі;

6) вибір ударного механізму та раціональної компоновки інструменту для ліквідації прихвату в імпульсно-хвильовому режимі.

Сформульовані принципи вибору раціональних технічних і технологічних рішень в цих ситуаціях з умов максимізації за абсолютною величиною імпульсу коливальної системи або внутрішньої сили на верхній границі прихвату. Для ситуацій 1-5 це досягається передусім за рахунок максимізації сили розрядження замкового пристрою та якомога ближчого розташування ударного механізму до зони прихвату. Вибір інших параметрів технології ліквідації прихвату здійснюється залежно від заданих.

Практична реалізація технологій ліквідації прихватів з допомогою запропонованої моделі вимагає інформації про дисипативні параметри h , рівнянь коливальних. Для їх оцінки запропоновано використовувати методику

вимірювань сил опору М.М.Александрова при переміщенні колони труб з постійною швидкістю. Досліди виконують в процесі підйому бурильного інструмента з різними швидкостями, що на основі лінійної залежності сил опору від швидкості дає змогу оцінити дисипативні параметри, які визначають в'язке h та пластичне f_0 тертя. В дисертації наведена методика статистичної обробки результатів вимірювань.

Методика оцінки дисипативних параметрів апробована на свердловинах бурового управління "Укрбургаз". Досліди виконували на трьох швидкостях підйому бурильного інструмента (з мінімальною та максимальною на 1-й та 2-й швидкостях бурової лебідки) на різних глибинах. На свердловині 53-Чутівка досліди виконували на одній швидкості підйому. В табл. 1 наведені результати статистичних оцінок дисипативних параметрів h та f_0 в промислових умовах.

Таблиця 1

Результати оцінок дисипативних параметрів у промислових умовах

Свердловина	Глибин а, м	$\frac{h}{\sigma_h}, c^{-1}$	Статистичні оцінки				
			$\frac{f_0}{\sigma_{f_0}}, M/c^2$	Γ_{f_0}	Γ_{hz}	Γ_{f_0z}	τ
1	2	3	4	5	6	7	8
Абазівка-103	2330	$\frac{0,04}{0,005}$	$\frac{0,08}{0,003}$	-0,96	-0,41*	0,81	46,2
Матвіївка-73	2280	$\frac{0,89}{0,23}$	$\frac{0,38}{0,13}$	-0,96	0,43*	0,80	5,1
Матвіївка-76	3184	$\frac{0,42}{0,24}$	$\frac{0,64}{0,13}$	-0,96	-	-	8,5
Новоукраїнка-106	3448	$\frac{0,42}{0,12}$	$\frac{0,36}{0,08}$	-0,96	0,45*	0,63*	7,8
Більськ-163	4195	$\frac{0,24}{0,94}$	0	-	-	-	6,9
Веснянка-100	1962	$\frac{0,27}{0,02}$	0	-	-	-	-
Розумівка-21	1250	$\frac{0,07}{0,04}$	$\frac{0}{0}$	-	0,21*	0	-
Розумівка-21	3090	$\frac{0,17}{0,04}$	$\frac{0,82}{0,03}$	-0,96	-0,96	0,99	47,3
Чутівка-53	3202	0,65	-	-	-0,14*	-	-
Юліївка-58	3180	$\frac{0,16}{0,14}$	$\frac{0,52}{0,10}$	-0,96	-0,14*	-0,76*	9,0
Юліївка-58	3395	$\frac{0,35}{0,03}$	$\frac{0}{0}$	-	0,74	-0,11*	-
Яблунівка-113	4484	$\frac{0,50}{0,14}$	$\frac{0,96}{0,08}$	-0,96	-0,56	0,84	20,9
Матвіївка-101	3044	$\frac{0,61}{0,15}$	$\frac{0,43}{0,10}$	-0,96	0,80	0,66*	7,4

продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Новоукраїнка-111	1895	$\frac{0,33}{0,04}$	0	-	0,76	-	-
Розпашна-94	1957	$\frac{0,19}{0,06}$	0	-	-0,95	-	-
Розумівка-23	2912	$\frac{0,28}{0,03}$	0	-	-0,39*	-0,88	-
Східна Полтава-59	3249	$\frac{0,29}{0,03}$	0	-	0,15*	-0,25*	-

Примітка. h, f_0 - оцінки середніх дисипативних параметрів; σ_h, σ_{f_0} - середньоквадратичні відхилення оцінок h і f_0 ; $\Gamma_{hp}, \Gamma_{hz}, \Gamma_{pz}$ - коефіцієнти кореляцій між h і f_0 , h і глибиною z , f_0 і z .

Перевірка статистичної гіпотези $H_0: f_0=0$ виконувалась за Т-критерієм, критичне значення якого складає 4,303.

Зіркою відзначені статистично незначимі з ймовірністю надійності 0,95 оцінки коефіцієнтів кореляцій.

Обробка промислових даних показала, що оцінки дисипативних параметрів в багатьох випадках характеризуються значними коефіцієнтами варіацій. Тому на практиці рекомендовано застосовувати односторонні оцінки верхніх меж h^B середнього h з рівнем значущості α

$$h^B = h + \frac{\sigma_h}{\sqrt{n}} t_{n-1; \alpha}$$

де σ_h - оцінка середньоквадратичного відхилення; $t_{n-1; \alpha}$ - квантиль t -розподілу; n - кількість дослідів.

Результати апробації показали, що методика оцінки дисипативних параметрів на основі вимірювань сил опору може бути реалізованою після від'єднання неприхваченої частини колони труб в процесі її підйому. Для підвищення точності оцінок параметрів h та f_0 доцільно використовувати більшу кількість швидкостей підйому та дублювання дослідів на одній і тій швидкості підйому з метою одержання стабільних результатів.

В дисертації описані нові технічні рішення ударних механізмів цангового типу, які направлені на підвищення їх ресурсу, сили розрядження замкової пари та регулювання ходу бойка. На базі цих рішень розроблена технічна документація на виготовлення ударного механізму ЯВ-172 з регульованими ходом бойка в межах 0,3...1,0 м та силою розрядження 200...600 кН. На даний час конструкція ударного механізму освоюється виробництвом на Дрогобицькому машинобудівельному заводі.

В 1994 році у Хрестищенському УБР за участю автора на базі ГУМ-162 розроблена технічна документація та виготовлені в СКТБ "Потенціал" (м. Харків) 2 ударних механізми ГУМ-162Х, у яких хід бойка після розчеплення становить 175мм вверх і 148 мм вниз (для конструкції ВНДІБТ відповідні ходи

бойка складають 165 і 140 мм). Це сприяє підвищенню імпульсу коливальної системи в момент зіткнення бойка з ковадлом, а також - сили удару.

Результати випробувань ударного механізму ГУМ-162Х на свердловинах 60-Юліївка, 54-Чутове, 91-Розпашна, 108-Новоукраїнка, 92-Розпашна і 111-Новоукраїнка наведені в табл.2 та свідчать про роботоздатність конструкції. Ресурс роботи ГУМ-162Х складає 500...600 ударів. Недоліком ГУМ-162Х є обмеження за температурою середовища (до 100°C).

Таблиця 2

Результати випробування ГУМ-162Х

Свердловина, дата ліквідації прихватів	Виконувані роботи
60-Юліївка, 30.06.94	В результаті руйнування замка ЗУК-155 на глибині 2256м залишено 127 мм бурильні труби. Роботою ГУМ-162Х бурильні труби було звільнено і піднято з свердловини після 110 ударів.
54-Чутове, 5.04.96	Прихват виник внаслідок заклинювання інструменту на глибині 2453м. У свердловині залишена компоновка: 215,9СГВ+ОБТ-152 -25 м + КЛС-212+ОБТ-146 – 150 мм. Інструмент звільнено після 349 ударів ГУМ-162Х.
91-Розпашна, 25.07.96	При бурінні на глибині 4201 м прихвачена компоновка: ІНМ-213С+КЛС-212+ЗТСШ-195-25,4 м + 127 мм бурильні труби. Роботою ГУМ-162Х під нафтовою (13 м ³) ванною інструмент звільнено після 324 ударів.
108-Новоукраїнка, 1.01 – 8.02.97	При бурінні на глибині 4379 м прихвачена компоновка: 215,9СГВ+Д2-195-5,5 м + 127 мм бурильні труби. При спуску обурювальної компоновки в інтервалі 3749-3833 м виник прихват. Роботою ГУМ-162Х під нафтовою (4 м ³) і солянокислотою (6 м ³) ваннами інструмент звільнено після 477 ударів.
92-Розпашна, 2.11 – 8.11.98	Під час спуску бурильної колони виникло розклинювання на глибині 4013 м. Після відкручування у свердловині залишилась компоновка: 215,9СГВ+Д3-195-6м+ТБПК-127-12м. Роботою ГУМ-162Х під нафтовою ванною об'ємом 11 м ³ інструмент звільнено після 150 ударів.
111-Новоукраїнка, 1.07 – 2.07.99	При бурінні на глибині 3777 м прихвачена компоновка: 215,9СГВ+КЛС-295+ОБТ-203-4м+КЛС-294+ОБТ-203-36м + 140 мм бурильні труби. Роботою ГУМ-162Х під нафтовою ванною об'ємом 30м ³ інструмент звільнено після 430 ударів.

Розроблена технологія ліквідації прихватів випробувана на свердловинах 92-Розпашна і 111-Новоукраїнка. В дисертації описані результати вибору технологічних параметрів для ліквідації прихватів на цих свердловинах.

Результати впровадження ГУМ-162Х і технології ліквідації прихватів забезпечили зменшення витрат на їх ліквідацію на 681,1 тис. грн. (в цінах 2000р.).

Випробування технології ліквідації прихватів з допомогою ударних механізмів показують, що інформація про характер динамічної дії на прихвачений інструмент є важливою з позицій вибору аварійної компоновки та інших параметрів.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, у якій, на підставі виконаних досліджень закономірностей динамічної дії на прихвачений інструмент, обґрунтовані рекомендації щодо вибору раціональних техніко-технологічних параметрів при ліквідації прихватів ударними механізмами. Основні результати дисертації зводяться до наступного.

1. На основі даних про аварійність та ускладнення за 1991-98 роки в буровому управлінні “Укрбургаз” встановлено, що прихвати колон труб відносяться до найбільш витратних із затратами часу на їх ліквідацію 3,44% загального календарного часу.

Частота виникнення прихватів у похило-скерованому бурінні складає 0,15 прихвата на 1000м проходки, а у вертикальному – 0,031. Середні затрати часу на ліквідацію одного прихвату у вертикальних свердловинах складають 1042 години, а у похило-скерованих – 1737 годин.

Аналіз показує, що низька результативність технологій ліквідації прихватів з допомогою ударних механізмів (0,20) зумовлена зменшенням їх парку в управлінні та відсутністю обґрунтованих технологій використання.

2. Розроблена математична модель технології ліквідації прихватів з допомогою ударних механізмів, яка враховує вплив основних техніко-технологічних факторів на динамічні характеристики коливальної системи.

Модель дозволяє визначити основні критерії ефективності динамічної дії на зону прихвату – імпульс коливальної системи в момент зіткнення бойка з ковадлом та характеристики внутрішніх сил на верхній границі прихвату.

3. Вивчено вплив основних техніко-технологічних факторів (сила розрядження замкової пари, хід бойка, компоновка) на динамічні характеристики коливальної системи при ліквідації прихватів ударними механізмами.

Показано, що критерії імпульсу коливальної системи та внутрішньої сили на верхній границі прихвату відображають різний вплив на зону прихвату. Екстремальні значення цих критеріїв в загальному випадку не співпадають між собою.

Встановлено, що для конкретних умов виникнення прихвату існують оптимальні техніко-технологічні параметри (хід бойка, компоновка аварійного інструменту), які забезпечують екстремальне значення критерію ефективності динамічної дії на зону прихвату.

4. Для оцінки дисипативних параметрів рівняння коливань запропоновано використовувати методику вимірювання сил опору М.М.Александрова при переміщенні колони труб з постійною швидкістю. За результатами вимірювань на площах бурового управління "Укрбургаз" одержані оцінки дисипативних параметрів - $h = 0,04 \dots 4,04 \text{с}^{-1}$ та $f_0 = 0 \dots 1,28 \text{м/с}^2$.

5. В залежності від ситуації виникнення прихвату та особливостей конструкції ударних механізмів з умови оптимальності критерію ефективності розроблені рекомендації щодо вибору технології ліквідації (місця розташування ударного механізму, хід бойка, аварійна компоновка).

Запропоновані нові технічні рішення для ліквідації прихватів, які направлені на підвищення ефективності динамічної дії на прихвачений інструмент.

Основні розробки впроваджені у практику ліквідації прихватів при бурінні свердловин.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО РОБОТІ

1. Пути повышения эффективности техники и технологии ликвидации прихватов бурильного инструмента /М.А.Мыслюк, В.М.Чарковский, И.И.Рыбчич, В.Ю.Близнюков, М.Н.Яворский, М.П.Мельник. – М.: ИРЦ Газпром, 1997. – 64 с.

2. Підвищення ефективності застосування ударних механізмів у імпульсно-хвильовому режимі ліквідації прихватів / М.А.Мислюк, В.М.Чарковський, І.Й.Рибчич, М.М.Яворський, М.П.Мельник // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Вип. 33. – Івано-Франківськ, 1996. – С.65-72.

3. Удосконалення технології ліквідації прихватів колон труб ударними механізмами / М.А.Мислюк, В.М.Чарковський, І.Й.Рибчич, М.М.Яворський, М.П.Мельник // Нафтова і газова промисловість. – 1998. – №2. – С.14–19.

4. Пути усовершенствования технологии ликвидации прихватов ударными механизмами /М.А.Мыслюк, В.М.Чарковский, И.И.Рыбчич,

М.М.Яворський, М.П.Мельник // Стrojительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 1998. -№7. – С.10-14.

5. Яворський М.М. Досвід використання ударних механізмів при ліквідації прихоплень на підприємстві "Укрбургаз" // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Буріння нафтових і газових свердловин. Вип.35. Ч.І. – Івано-Франківськ, 1998. – С.78-84.

6. Яворський М.М. Деякі аспекти вдосконалення технології буріння свердловин // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – №2. – С.22-24.

7. Про одну можливість прогнозування прихватів бурильного інструмента у викривленій свердловині / І.Й.Рибчич, М.М.Яворський, А.С.Овсянніков, Р.І.Стефурак, М.А.Мислюк, В.Г.Філь // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – №1. – С.17-18.

8. Яворський М.Н. Прогнозирование прихватов бурильного инструмента в скважинах // Газовая промышленность. – Февраль. – 2000. – С.14-16.

9. Патент України 453, МПК 6E21B37/100. Пристрій для ліквідації прихватів / М.А.Мислюк, В.М.Чарковський, І.Й.Рибчич, М.М.Яворський, М.П.Мельник. - № 970041919/К; заявл. 22.04.97; опубл.29.12.1999. Бюл. №8.

10. Патент України 454, МПК 6E21B37/107. Механічний яс / В.М.Чарковський, М.А.Мислюк, І.Й.Рибчич, М.М.Яворський, М.П.Мельник. - № 970041920/К; заявл. 22.04.97; опубл. 29.12.1999. Бюл. №8.

11. Про критерій вибору аварійної компоновки при ліквідації прихватів ударними механізмами / М.А.Мислюк, В.М.Чарковський, І.Й.Рибчич, М.М.Яворський, М.П.Мельник // Тези науково-технічної конференції викладацького складу університету. П ч. Івано-Франківськ, 1997. – С.29.

12. Про комплексне вирішення проблеми підвищення ефективності ліквідації прихватів на площах "Укрбургазу" / В.М.Чарковський, М.М.Яворський, М.П.Мельник і В.Ф.Швадчак // Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу університету. - Івано-Франківськ, 1998. – С.66 - 67.

13. Про підходи до вдосконалення технології ліквідації прихватів при бурінні свердловин / М.А.Мислюк, В.М.Чарковський, І.Й.Рибчич, М.М.Яворський, М.П.Мельник // Збірник наукових праць. Матеріали 5-ї Міжнародної конференції «Нафта-Газ України – 98»; – К., 1998. – С. 118 – 119.

14. Чарковський В.М., Яворський М.М., Мельник М.П. Деякі питання удосконалення технології ліквідації прихватів при бурінні глибоких свердловин // Стан і перспективи розвідувального та експлуатаційного буріння й закінчення свердловин в Україні: Матеріали наук.-практ. конф. – Харків, 1998. – С. 118-119.

15. Чарковський В.М., Яворський М.М. Про доцільність створення спеціалізованого підприємства з ліквідації аварій у структурі “Укрбургазу” // Стан і перспективи розвідувального та експлуатаційного буріння й закінчення свердловин: Матеріали наук.-практ. конф. – Харків, 1998. – С.114-115.

АНОТАЦІЯ

Яворський М.М. Удосконалення технологій ліквідації прихватів бурильних колон ударними механізмами. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.10 - Буріння свердловин. - Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2001.

Дисертація присвячена підвищенню ефективності динамічної дії на прихвачений інструмент з допомогою ударних механізмів.

Розроблена математична модель технології ліквідації прихватів з допомогою ударних механізмів, яка враховує вплив основних технічних і технологічних факторів на ефективність динамічної дії в зоні прихвату.

Досліджені динамічні характеристики коливальної системи і вивчено вплив основних факторів на критерії динамічної дії на зону прихвату (імпульс коливальної системи і внутрішня сила на верхній границі прихвату). Встановлено існування оптимальних техніко-технологічних параметрів, які забезпечують екстремальне значення критеріїв ефективності динамічної дії.

Удосконалені технології і технічні засоби для ліквідації прихватів ударними механізмами в ударному та імпульсно-хвильовому режимах. Основні результати дисертації впроваджені в практику буріння.

Ключові слова: аварійна компоновка, аварійність в бурінні, динамічні характеристики коливальної системи при ліквідації прихвату, математична модель технології ліквідації прихвату ударними механізмами, прихват.

АННОТАЦИЯ

Яворский М.Н. Совершенствование технологий ликвидации прихватов бурильных колонн ударными механизмами. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10 - Бурение скважин. – Ивано-Франковский государственный технический университет нефти и газа. Ивано-Франковск, 2001.

Диссертация посвящена повышению эффективности динамического воздействия на прихваченный инструмент с помощью ударных механизмов.

Приведены результаты анализа прихватов на площадях бурового управления «Укрбургаз» за 1991 – 1998гг. Показано, что низкая

результативность (0,20) технологий ликвидации прихватов с помощью ударных механизмов обусловлена уменьшением их парка и отсутствием обоснованных технологий использования ударных механизмов для обеспечения целенаправленных динамических воздействий на зону прихвата.

Разработана математическая модель технологии ликвидации прихватов с помощью ударных механизмов, которая учитывает влияние основных технических и технологических факторов (геометрические, массовые и упругие характеристики аварийного инструмента; усилие разрядки замкового устройства и длина рабочего хода бойка ударного механизма; диссипативные параметры среды) на динамические процессы в зоне прихвата. Модель построена для доударного (с момента времени разрядки замкового устройства до соударения бойка с наковальной) и послеударного (с момента времени соударения бойка с наковальной) периодов, предназначена для расчета динамических характеристик (смещения и скорости бойка и наковальни, импульса колебательной системы, внутренние силы на наковальне и верхней границе прихвата) при ликвидации прихвата и реализована в виде пакета программ для ПЭВМ.

Исследованы динамические характеристики колебательной системы и изучено влияние основных факторов (усилие разрядки замкового устройства и длина рабочего хода бойка ударного механизма, компоновка аварийного инструмента) на критерии динамического воздействия на зону прихвата (импульс колебательной системы и внутренняя сила на верхней границе прихвата). Показано, что критерии импульса и внутренней силы на верхней границе прихвата отражают различное влияние на зону прихвата. Оптимальные значения этих критериев не совпадают.

Установлено, что для конкретных условий возникновения прихвата существует оптимальное сочетание технико-технологических параметров (длина рабочего хода бойка ударного механизма, компоновка аварийного инструмента), которое обеспечивает экстремальное значение критериев динамического воздействия на зону прихвата. Для ударного режима ликвидации прихвата оптимальная длина рабочего хода бойка по критерию импульса колебательной системы зависит от деформации инструмента в момент разрядки замкового устройства и диссипативных параметров. Возникновение максимальных внутренних усилий на верхней границе прихвата определяется параметрами колебательной системы и характерно для ударных механизмов с малыми длинами (0,1...0,3 м) рабочих ходов бойка.

Изучены динамические характеристики колебательной системы при импульсно-волновом режиме ликвидации прихвата и установлены факторы, влияющие на его реализацию.

Выделены характерные ситуации и разработаны рекомендации для выбора параметров технологий ликвидации прихватов, обеспечивающих целенаправленное динамическое воздействие на зону прихвата.

Для оценки диссипативных параметров уравнений колебаний предложено использовать методику М.М.Александрова для измерения сил сопротивления при перемещении колонны труб с постоянной скоростью. Методика апробирована на скважинах бурового управления «Укрбургаз».

Усовершенствованы конструкции ударных механизмов цангового типа для ликвидации прихватов в ударном та импульсно-волновом режимах. Основные результаты диссертации внедрены в практику бурения.

Ключевые слова: аварийная компоновка, аварийность в бурении, динамические характеристики колебательной системы при ликвидации прихвата, математическая модель технологии ликвидации прихвата ударными механизмами, прихват.

SUMMARY

Yavorskiy M.M. The improvement of the technology of releasing sticking of drilling string by percussion tools. - Manuscript.

Thesis for a Candidate Degree by speciality 05.15.10 - Well Drilling. - The Ivano-Frankivsk State Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2001.

The dissertation is devoted to efficiency improvement of a kinetic effect on the sticking of drilling string by means of percussion tools.

A mathematical model of the technology of releasing sticking by means of percussion tools is designed and it takes into account how main technical parameters influence the efficiency of the kinetic action in the sticking area. Kinetic characteristics of the fluctuation system and influence of the main factors of the kinetic action criteria on the sticking area (i.e. an impulse of the fluctuation system and the inner force at the upper border of the sticking area) are investigated. Optimal technical parameters that provide an extreme value of the criteria of kinetic efficiency are fixed.

Technologies and technical means for releasing sticking of drilling string by percussion tools within impaction and impulse-wave regimes are improved.

The dominant results of the dissertation have been inserted into well drilling practice.

Key words: emergency assembly, drilling breakdown, kinetic characteristic of the fluctuation system when releasing sticking of drilling string, a mathematical model of the technology of releasing sticking by percussion tools, sticking of drilling string.