

622.24.051
B54

Івано-Франківський державний технічний університет
нафти і газу

ВИТЯЗЬ ОЛЕГ ЮЛІЙОВИЧ

УДК 622.24.051 (04)

B54

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН
ДОЛОТАМИ РІЗУЧОГО ТИПУ З ВИКОРИСТАННЯМ
НАДДОЛОТНИХ ВІБРОЗАХИСНИХ ПРИСТРОЇВ**

Спеціальність 05.15.10 - буріння свердловин

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2001

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: доктор технічних наук, професор
Векерик Василь Іванович,
Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри теоретичної механіки.

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ: доктор технічних наук, професор
Чернов Борис Олександрович,
Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри фізики;
кандидат технічних наук
Кунцяк Ярослав Васильович,
ВАТ "Український нафтогазовий інститут",
завідувач відділу технічних засобів буріння.

ПРОВІДНА ОРГАНІЗАЦІЯ: Український науково-дослідний інститут природних газів, ДК "Укргазвидобування", НАК "Нафтогаз України", м. Харків.

Захист відбудеться « 02 » липня 2001 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради при спеціалізованій вченій раді Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу, вул. Карла Маркса, 14, м. Івано-Франківськ, Івано-Франківська область, Україна, поштова адреса: 76019, Україна.

Ав

Вч
спеціалізованої вченої ради



Драганчук О.Т.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основним завданням Національної програми «Нафта і газ України до 2010 року» є забезпечення України сировинними і паливно-енергетичними ресурсами. У зв'язку з цим, передбачається розширити об'єм глибокого буріння і зменшити терміни будівництва свердловин. Покращання техніко-економічних показників бурових робіт тісно пов'язано із вдосконаленням доліт, компоновок бурильного інструменту і технологій їх ефективного використання.

За останні роки розроблені високоефективні долота ріжучого типу, які озброєні вставними різцями типу "стратапак". Ефективність роботи бурових доліт визначається не тільки досконалістю конструкції, якістю і точністю виготовлення, але й умовами їх експлуатації. В зв'язку цим особливої ваги набирає уточнення методик проектування та шляхів удосконалення технології використання даних доліт.

Оцінка сил, що діють на окремі породоруйнівні елементи долота ріжучого типу підтверджує, що однією з основних причин руйнування озброєння долота є динамічні навантаження, що діють на різці при обертанні долота в процесі буріння свердловин. Одним із відомих методів зменшення динамічних навантажень є встановлення в бурильній колоні віброзахисних пристроїв (ВЗП). Зміна параметрів компоновки, включення в її січення ВЗП приводить до зміни показників роботи долота. Через відсутність розрахункових аналітичних моделей, конструкції робочих поверхонь доліт ріжучого типу та технології їх використання, ще добре не відпрацьовані та недостатньо науково обґрунтовані.

Створення більш загальних аналітичних адаптованих моделей роботи бурової механічної системи "порода - долото - бурильна колона – привід установки", з урахуванням динамічної взаємодії породоруйнівних елементів з вибоєм та параметрів компоновки бурильної колони, дозволить виявити нові закономірності її роботи й оцінити вплив динаміки на показники ефективності процесу буріння. Тому вирішенню цієї важливої науково-практичної задачі присвячена дана дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота входить до науково-тематичних планів Міністерства освіти і науки та підприємств нафтогазовидобувної галузі України. Результати дисертаційної роботи використані при виконанні держбюджетних тематик (№ Д-40/95, № Д-51/97, № Д-3/98, № Д-2000/98, № Д-2000/99, № Д-2000/00, № Д-2000/01, № Д-2000/02, № Д-2000/03, № Д-2000/04, № Д-2000/05, № Д-2000/06, № Д-2000/07, № Д-2000/08, № Д-2000/09, № Д-2000/10, № Д-2000/11, № Д-2000/12, № Д-2000/13, № Д-2000/14, № Д-2000/15, № Д-2000/16, № Д-2000/17, № Д-2000/18, № Д-2000/19, № Д-2000/20, № Д-2000/21, № Д-2000/22, № Д-2000/23, № Д-2000/24, № Д-2000/25, № Д-2000/26, № Д-2000/27, № Д-2000/28, № Д-2000/29, № Д-2000/30, № Д-2000/31, № Д-2000/32, № Д-2000/33, № Д-2000/34, № Д-2000/35, № Д-2000/36, № Д-2000/37, № Д-2000/38, № Д-2000/39, № Д-2000/40, № Д-2000/41, № Д-2000/42, № Д-2000/43, № Д-2000/44, № Д-2000/45, № Д-2000/46, № Д-2000/47, № Д-2000/48, № Д-2000/49, № Д-2000/50, № Д-2000/51, № Д-2000/52, № Д-2000/53, № Д-2000/54, № Д-2000/55, № Д-2000/56, № Д-2000/57, № Д-2000/58, № Д-2000/59, № Д-2000/60, № Д-2000/61, № Д-2000/62, № Д-2000/63, № Д-2000/64, № Д-2000/65, № Д-2000/66, № Д-2000/67, № Д-2000/68, № Д-2000/69, № Д-2000/70, № Д-2000/71, № Д-2000/72, № Д-2000/73, № Д-2000/74, № Д-2000/75, № Д-2000/76, № Д-2000/77, № Д-2000/78, № Д-2000/79, № Д-2000/80, № Д-2000/81, № Д-2000/82, № Д-2000/83, № Д-2000/84, № Д-2000/85, № Д-2000/86, № Д-2000/87, № Д-2000/88, № Д-2000/89, № Д-2000/90, № Д-2000/91, № Д-2000/92, № Д-2000/93, № Д-2000/94, № Д-2000/95, № Д-2000/96, № Д-2000/97 з ДП "Укрбургаз" у

НТБ
ФОНТУНГ



as153

науково-дослідному інституті нафтогазових технологій Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу.

Мета роботи. Удосконалення технології буріння свердловин долотами ріжучого типу на основі теоретичних досліджень роботи бурильної колони з віброзахисними пристроями.

Основні задачі дослідження.

1. Аналіз досліджень роботи доліт ріжучого типу, оснащених ріжучими елементами типу "стратапак" і бурильного інструменту при бурінні свердловин.

2. Розробка аналітичних моделей динаміки роботи доліт ріжучого типу при роторному та турбінному способах буріння.

3. Дослідження впливу конструктивних параметрів долота та бурильного інструменту на динаміку долота та показники ефективності процесу заглиблення свердловини.

4. Дослідження впливу параметрів режиму буріння на динаміку роботи долота ріжучого типу.

5. Розробка, дослідження та промислова перевірка роботи універсального бурового амортизатора при бурінні свердловин.

Наукова новизна досліджень.

1. Запропонована аналітична залежність заглиблення долота від осьового навантаження з врахуванням конструктивних параметрів долота, перекриття площин різання сусідніми різцями, фізико-механічної характеристики породи.

2. Розроблені аналітичні моделі заглиблення вибоєм свердловини долотами ріжучого типу в процесі роторного та турбінного способів буріння, які враховують вплив параметрів режиму буріння та компоновки бурильної колони на динаміку взаємодії озброєння долота з вибоєм свердловини.

3. Установлено вплив параметрів долота ріжучого типу та компоновки бурильної колони на динамічність і ефективність роботи долота при бурінні.

Практичне значення одержаних результатів.

Практична цінність проведених досліджень полягає в подальшому поглибленому вивченні роботи породоруйнівного інструменту і бурильної колони та їх впливу на процес буріння. Розроблені аналітичні моделі, алгоритми та програми розрахунку на ЕОМ динамічних параметрів взаємодії долота ріжучого типу з вибоєм, кутових зміщень січень бурильної колони, величин динамічних крутних моментів, що діють на долото, турбобур і в січеннях бурильної колони, дозволяють більш обґрунтовано проводити оцінку процесу заглиблення вибоєм свердловин при різних способах і параметрах режиму буріння.

Результати досліджень використані для удосконалення розміщення озброєння доліт типу ІСМ АП в АТ "НДІКБ бурового інструменту".

Проведена оцінка впливу параметрів віброзахисних інструментів на зміну динаміки роботи долота та бурильної колони дає можливість виявити їх ефективність при бурінні в різних породах. Експлуатаційними випробуваннями універсального бурового амортизатора, при бурінні в ДП "Укрбургаз" встановлено, що при включенні ВЗП у компоновку низу бурильної колони (КНБК) покращується ефективність процесу заглиблення свердловини. Результати досліджень можуть бути використані долотними заводами при проектуванні доліт ріжучого типу та буровими організаціями при проектуванні технології буріння, оцінці ефективності роботи віброзахисних пристроїв. Викладений у роботі матеріал використовується в навчальному процесі при підготовці студентів напрямку "Гірництво".

Особистий внесок здобувача.

Особисто автором вивчена та описана робота долота ріжучого типу [5, 7], створена модель роботи бурильного інструменту [1] при бурінні свердловин долотами ріжучого типу турбінним способом, проведено теоретичні дослідження [4, 6, 9] взаємодії долота ріжучого типу з вибоєм свердловини, аналіз їх результатів [6, 8, 11], та розроблена (у співавторстві) конструкція універсального бурового амортизатора [3, 12], проведено його виготовлення, стендові і промислові випробування.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на:

- міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України" (м. Івано-Франківськ, 7-10 грудня 1993 р.);
- науково-практичній конференції "Нафта і газ України" (м. Київ, 17-19 травня 1994 р.);
- науково-практичній конференції "Стан, проблеми і перспективи розвитку нафтогазового комплексу Західного регіону України" (м. Львів, 28-30 березня 1995 р.);
- XII міжнародній міжвузівській школі-семінарі "Методи і засоби технічної діагностики" (м. Івано-Франківськ, 1995 р.);
- XVI міжнародній міжвузівській школі-семінарі "Методи і засоби технічної діагностики" (м. Івано-Франківськ, 1999 р.);
- науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (м. Івано-Франківськ, 1994, 1995, 1997, 1998 р.р.);

- наукових семінарах кафедри буріння нафтових і газових свердловин Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (м. Івано-Франківськ, 2000 - 2001 р.р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 12 наукових працях, з них 2 праці без співавторства і 1 патент України на винахід.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Матеріал викладено на 135 сторінках машинописного тексту; робота містить 39 рисунків, 10 таблиць, 5 додатків, 115 назв бібліографічних джерел.

Автор висловлює щиру подяку науковому керівнику д.т.н., професору Веkerику В.І., д.т.н., професору Мойсину В.М. та к.т.н. Молдавцеву С.А. за цінні поради при проведенні теоретичних досліджень, а також керівнику СКTB Борецькому В.Г. за допомогу в організації виготовлення універсального бурового амортизатора.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформовані мета і задачі досліджень, вказана практична цінність роботи і шляхи її реалізації у практику буріння.

В першому розділі дається аналіз вітчизняних та зарубіжних досліджень, який дозволив оцінити стан і основні напрямки конструювання, вивчення динаміки і ефективність роботи доліт ріжучого типу та бурильного інструменту при поглибленні свердловин.

Значний вклад в дослідження роботи доліт ріжучого типу, закономірностей взаємодії їх озброєння з породою і вивчення впливу параметрів компоновки бурильної колони на ефективність процесу буріння внесли такі вітчизняні та зарубіжні вчені, як Х.І. Акчурін, Л.А. Алексєєв, Г.В. Арцимович, Б.В. Байдюк, І.І. Барабашкін, А.Г. Бішієв, О.М. Бочковський, В.І. Веkerик, І.Ф. Вовчановський, В.С. Владиславлев, Р.Г. Ганієв, В.П. Дверій, О.Т. Драганчук, Р.М. Ейгелес, Н.Ф. Кагарманов, Я.В. Кунцяк, М.Р. Мавлютов, Р.М. Мамбетов, О.Г. Мессер, І.О. Свешніков, О.І. Співак, Є.Т. Стругавцов, Г.І. Сукманов, та інші.

Встановлено, що на сьогоднішній день відсутні багатofакторні залежності, що пов'язують показники руйнування породи та конструктивні параметри елементів озброєння доліт ріжучого типу і режими їх роботи. Існуючі залежності в основному використовуються для вивчення окремих

особливостей процесу і важко піддаються узагальненню. Це пов'язано з тим, що при дослідженнях недостатньо враховувався перерозподіл навантажень на ріжучі елементи та вплив зміни конструктивних параметрів долота на динаміку його роботи.

Вивчення коливань бурильного інструменту при заглибленні вибою долотами ріжучого типу дозволило встановити, що основною причиною руйнування озброєння долота та погіршення роботи бурильного інструменту є динамічні навантаження, що діють на долото в процесі буріння. Найбільш негативний вплив на долота ріжучого типу, мають крутильні коливання.

Аналіз конструкцій відомих віброзахисних пристроїв показує, що використання одного пружного елемента для гасіння поздовжніх та крутильних коливань, робить неможливим незалежно підбирати та регулювати жорсткісні характеристики для відповідних коливань.

Викладений вище матеріал дозволив визначити мету і основні задачі досліджень.

У другому розділі описана робота долота ріжучого типу та встановлені функціональні залежності між зусиллями, діючими на ріжучі елементи долота з використанням експериментальних характеристик процесу руйнування породи одиничними різцями.

Описати аналітично рух долота ріжучого типу в процесі буріння, враховуючи всі особливості його взаємодії з вибосм практично неможливо. При виведенні залежностей було прийнято: корпус долота і різці не деформуються; заглиблення долота за один оберт H є величина постійна; осі долота і свердловини співпадають.

Для вивчення руху долота ріжучого типу в процесі буріння, нами прийнята розрахункова схема, яка показана на рис. 1. Долото оснащено і-різцями, які армовані круглими пластинками радіусом R і розташовані на кільцевих k -вінцях (лініях різання) (рис. 1.а.). Передні робочі поверхні пласти-

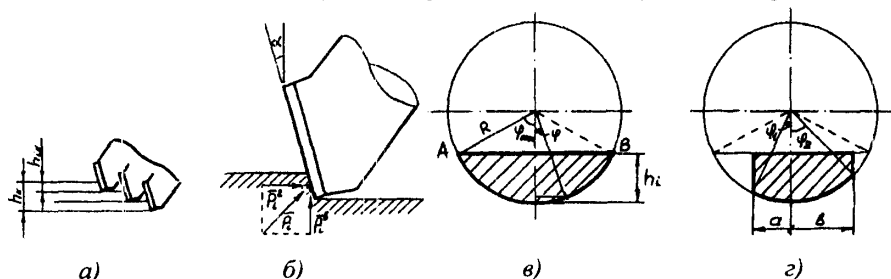


Рис. 1. Розрахункова схема вивчення взаємодії ріжучого елемента долота з породою

нок відхилені від нормалі до поверхні породи на кут α і утворюють з круговою траєкторією руху кут $(90^\circ - \alpha)$. Центри ріжучих пластинок різців віддалені від осі обертання долота на величину r_i . На кожний різець долота діють вертикальне P_i^a і горизонтальне P_i^r зусилля (рис.1.б.), які врівноважуються осьовим навантаженням P_{oc} і крутним моментом M_d на долоті.

Величина заглиблення i -го різця може бути підрахована за формулою

$$h_i = R \cdot (1 - \cos\varphi) \cdot \cos\alpha, \quad (1)$$

де φ - половина кута між радіусами проведеними в точки перетину січної АВ при заглибленні сегмента пластинки на величину h_i .

Залежності зміни осьового навантаження на долото від заглиблення різця в породу для одиничного різця запишеться у вигляді

$$P_i^a = \gamma \cdot P_w \cdot \sin\alpha \cdot R^2 \left(\varphi_{\max} - \frac{1}{2} \sin 2\varphi_{\max} \right), \quad (2)$$

де γ - безрозмірний коефіцієнт, який враховує вплив вибійних умов на деформаційні властивості породи;

P_w - твердість породи за штампом.

Різці на периферії і у центральній частині долота знімають різні по ширині кругові ділянки породи. Отже при розрахунках необхідно враховувати перекриття площин різання сусідніми різцями. Залежності заглиблення різця від осьового навантаження для даного випадку запишеться у вигляді

$$P_i^a = \gamma P_w R \sin\alpha \left[\frac{R \left(\left(\frac{\pi\varphi_1}{90} - \sin 2\varphi_1 \right) + \left(\frac{\pi\varphi_2}{90} - \sin 2\varphi_2 \right) \right)}{4} + a(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_{\max}) + b(\cos\varphi_2 - \cos\varphi_{\max}) \right] \quad (3)$$

Кути φ_1 і φ_2 згідно рис.1.г. визначимо із геометричних міркувань

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{a}{R}, \quad \varphi_2 = \arcsin \frac{b}{R}. \quad (4)$$

Розрахункові залежності, отримані за допомогою даних формул, свідчать, що із збільшенням кута α нахилу площини круглої пластини різця, твердості P_w породи та радіуса R ріжучої пластини зусилля для його заглиблення на величину h_i зростає.

Середнє значення горизонтальної P_i^r сили на різці визначаємо зі співвідношення, запропонованого Б.В. Байдюком.

$$\frac{P_i^r}{P_i^a} = f_{\tau p} \sqrt{200 \frac{K_z}{P_w}}, \quad (5)$$

де $f_{тp}$ - коефіцієнт тертя пари "різець-порода";

K_z - коефіцієнт, який характеризує співвідношення бокового ΔX до вертикального ΔY зміщення індентора при втискуванні його в породу (для доліт ріжучого типу $K_z=3$).

При моделюванні роботи долота ріжучого типу необхідно задавати для кожного окремого різця залежність зміни горизонтальної сили P_i^r від переміщення різця l_i при руйнуванні породи. Для визначення величини амплітуди горизонтальної сили, а отже максимального $P_{i\max}^r$ та мінімального $P_{i\min}^r$ її значень, переміщень до сколу $l_{1,i}$ та після сколу $l_{2,i}$, необхідна машинна база даних, в якій були б результати стендових лабораторних досліджень у вигляді функціональної залежності $P_i^r = f(P_{ш}, R, \alpha, h, l)$. При подальших розрахунках нами використовувалися такі залежності отримані Р.М. Ейгелесом та А.І. Корольком.

Зі зміною компоновки бурильної колони, включенням у її переїз віброзахисних пристроїв і опорноцентруючих елементів змінюється взаємодія озброєння долота з вибоєм.

Для вивчення динаміки роботи доліт ріжучого типу при роторному бурінні вертикальної свердловини долотами ріжучого типу використовувалася розрахункова схема бурильного інструменту, яка показана рис.2. Вона включає

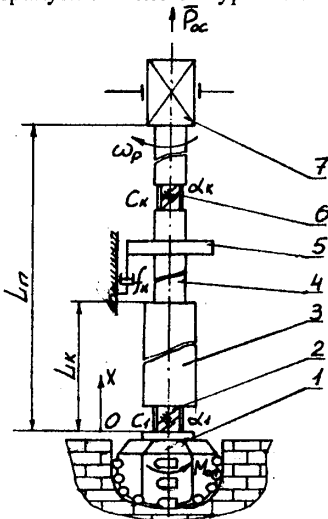


Рис.2. Розрахункова схема бурильного інструменту для вивчення динаміки роботи доліт ріжучого типу при роторному способі буріння

долото ріжучого типу 1, ВЗП крутильних коливань 2 і 6, обваженні бурильні труби (ОБТ) 3 і бурильні труби 4, що вміщують n-секцій, калібратор 5 і ведучу трубу 7.

Кожна ($k = 1, \dots, n$) секція труб має полярний момент інерції I_{pk} поперечного сечення, модуль зсуву G_k матеріалу труб, осьовий момент інерції I_k погонного метра труб і швидкість розповсюдження хвиль a_k крутильних коливань. Калібратори і опорноцентруючі елементи мають осьовий момент інерції I_{uk} , а їх взаємодія із стінкою свердловини при обертанні характеризується коефіцієнтом в'язкого тертя f_k . Включені в компоновку бурильної колони віброзахисні пристрої крутильних коливань характеризуються коефіцієнтами жорсткості C_k і в'язкого опору α_k .

Положення будь-якого січення бурильної колони в довільний момент часу описуємо диференціальним рівнянням у вигляді:

$$\frac{\partial^2 \theta_k(x, t)}{\partial t^2} + \lambda_k \frac{\partial \theta_k(x, t)}{\partial t} = a_k^2 \frac{\partial^2 \theta(x, t)}{\partial x^2}, \quad (6)$$

де $\theta_k(x, t)$ - кут повороту навколо осі сердловини січення k -ї секції бурильної колони з координатою x в момент часу t , відносно його початкового положення;

λ_k - коефіцієнт затухання крутильних коливань;

a_k - швидкість розповсюдження хвиль крутильних коливань.

Рівняння обертання долота запишеться у вигляді:

$$I_\partial \ddot{\theta}_\partial = M_{\text{оп}} + M_{\text{тр}} + G_1 I_{p1} \frac{\partial \theta_1(0, t)}{\partial x}, \quad (7)$$

де I_∂ - момент інерції долота відносно його осі обертання;

$\theta_\partial(t)$ - поточне значення кута повороту долота відносно його початкового положення;

$M_{\text{оп}}$ - момент опору породи руйнуванню;

$M_{\text{тр}}$ - момент тертя корпусу долота об стінку свердловини;

В роботі записані граничні та початкові умови у відповідних перерізах бурильної колони, при відсутності та встановленні ВЗП крутильних коливань та опорноцентруючих елементів.

Повні величини кутових зміщень перерізів бурильної колони $\theta_k(x, t)$ представлені у вигляді:

$$\theta_k(x, t) = \varepsilon_k(x) + \varphi_k(x, t) + \omega_p t, \quad (8)$$

де ω_p - кутова швидкість обертання ведучої труби;

ε_k - статична складова кутового зміщення k -го січення бурильної колони;

$\varphi_k(x, t)$ - динамічна складова кутового зміщення бурильної колони.

Таким чином, при моделюванні руху долота ріжучого типу і бурильного інструменту враховано, що в момент $t = 0$ січення бурильної колони $x = L_n$, яке з'єднане зі столом ротора, починається обертатись з кутовою швидкістю ω_p , а в момент часу $t = t_0$ збудження досягає долота і воно починає обертатися з початковою кутовою швидкістю ω_p . В цей момент часу положення січення бурильної колони характеризується функцією $\varepsilon_k(x)$, що визначає статичний кут закручування січення бурильної колони з координатою x . Кутові коливання $\theta_\partial^a(t)$ долота, що генеруються при рухові долота й взаємодії його озброєння з вибоєм, розповсюджуються вздовж бурильної колони і описуються функцією $\varphi_k(x, t)$.

Розрахункова схема бурильного інструменту при бурінні вертикальної свердловини турбобуром показана на рис.3. Вона включає долото 1 ріжучого типу, ВЗП 2, 4 і 6, турбобур 3, бурильні труби 5, калібратор 7, шестерню 8 стола ротора.

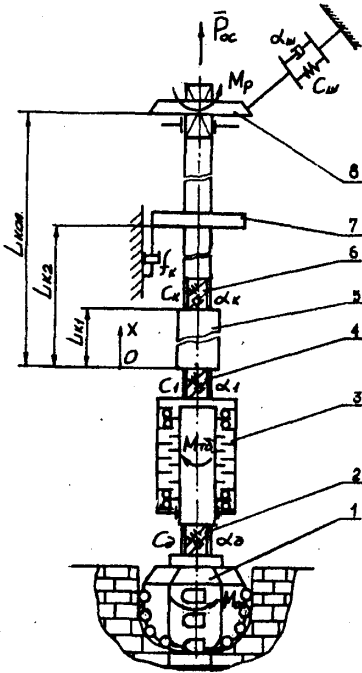


Рис.3. Розрахункова схема бурильного інструменту для вивчення динаміки роботи долит ріжучого типу при турбінному способі буріння

$M_{тр}$ - момент тертя в опорах вала турбобура;

$M_{он}$ - момент опору породи руйнуванню.

При встановленні над долотом ВЗП крутильних коливань з пружньо-в'язкими в'язками:

- рівняння руху долота

$$I_{\partial} \frac{d^2 \varphi_{\partial}}{dt^2} = \alpha_{\partial} (\omega_{\partial} - \omega_{\partial}) + C_{\partial} (\varphi_{\partial} - \varphi_{\partial}) - M_{он}, \quad (11)$$

- рівняння руху вала турбобура

$$I_{\partial} \frac{d^2 \varphi_{кр}}{dt^2} = \alpha_{\partial} (\omega_{\partial} - \omega_{\partial}) + C_{\partial} (\varphi_{\partial} - \varphi_{\partial}) + M_{трб} - M_{тр}, \quad (12)$$

Для складання рівняння руху елементів системи вводимо координатну вісь Ox , зв'язану з верхнім торцем корпусу турбобура.

При відсутності наддолотного ВЗП крутильних коливань

$$\varphi_{\partial}(t) = \varphi_{\partial}(t), \quad \omega_{\partial}(t) = \omega_{\partial}(t), \quad (9)$$

де $\varphi_{\partial}(t)$, $\varphi_{\partial}(t)$ - поточні значення кутів повороту вала турбобура і долота відповідно;

$\omega_{\partial}(t)$, $\omega_{\partial}(t)$ - кутові швидкості обертання вала турбобура і долота.

Виходячи із наведених припущень і враховуючи рівняння (9), рівняння руху долота і вала турбобура запишемо в вигляді:

$$(I_{\partial} + I_{\partial}) \frac{d^2 \varphi_{\partial}}{dt^2} = M_{трб} - M_{тр} - M_{он}, \quad (10)$$

де I_{∂} , I_{∂} - моменти інерції долота і вала турбобура;

$M_{трб}$ - крутний момент на валі турбобура;

- рівняння руху корпусу турбобура

$$I_{\text{кр}} \frac{d^2 \varphi_{\text{кр}}}{dt^2} = I_{p1} G_1 \frac{\partial \varphi_1(0, t)}{\partial x} - M_{\text{тб}}, \quad (13)$$

де $I_{\text{кр}}$ - момент інерції корпусу турбобура;

$\varphi_{\text{кр}}$ - кут повороту січення корпусу турбобура навколо осі свердловини.

Граничні та початкові умови наведені в роботі.

Складність розв'язання задачі полягає в тому, що величина $M_{\text{он}}$, яка входить в рівняння (10) і (11), є нелінійною функцією від величини $\varphi_0(t)$, де $i = 1, 2, \dots, m$. Тому наближене розв'язання рівнянь руху системи шукаємо шляхом заміни диференціальних рівнянь, граничних і початкових умов відповідними різницевиими співвідношеннями.

Розв'язок рівняння (6) крутильних коливань перерізів бурильної колони шукаємо у вигляді:

$$\varphi_{kj} = \sum_j [B_{kj} \cdot \sin(\eta_{kj} \cdot x + b_{kj})] e^{i\omega_j t}, \quad j = 1, 2, 3, \dots \quad (14)$$

$$\text{де } \eta_{kj} = \sqrt{\frac{\omega_j^2 - i \cdot \omega_j \cdot \lambda_k}{a_k^2}}$$

При розв'язанні задач для характеристики процесу буріння та оцінки впливу ВЗП динамічні складові кутового зміщення $\varphi(x, t)$ та реактивного моменту $M_p(x, t)$ в будь-якому січненні $x = L_n$ бурильної колони записано в наступному вигляді:

$$\varphi(x, t) = \sum_j \text{Re} \{ B_{kj} \sin(\eta_{kj} x + b_{kj}) \cdot [\cos \omega_j t + i \sin \omega_j t] \} \quad (15)$$

$$M_p(x, t) = \sum_j \text{Re} \{ B_{kj} \eta_{kj} \cos(\eta_{kj} x + b_{kj}) \cdot [\cos \omega_j t + i \sin \omega_j t] G_k I_{pk} \} \quad (16)$$

Оскільки крутильні коливання відіграють велику роль в питаннях міцності, довговічності та економічності вибійного двигуна нами запропонована більш досконала розрахункова модель, яка враховує силовий зв'язок між ротором і статором турбобура, що здійснюється через промивну рідину. В роботі наведена уточнена аналітична модель бурильного інструменту при бурінні свердловин турбінним способом, в якій силовий зв'язок між ротором і статором ступені секції турбобура представлено коефіцієнтами жорсткості та демпфування, які визначаються експериментально.

Обґрунтована можливість визначати розрахункові величини механічної швидкості буріння та енергетичного параметра взаємодії долота з вибоєм – енергоємність руйнування породи.

Запропонована модель для вивчення динаміки при турбінному способі буріння вертикальної свердловини долотами ріжучого типу дозволяє проводити оцінку впливу конструктивних параметрів долота, механічних властивостей породи і параметрів режиму буріння на ефективність процесу заглиблення вибою. Визислювальні експерименти за розробленим алгоритмом дозволять встановити ряд нових функціональних залежностей зміни показників ефективності роботи долота ріжучого типу для керування процесом буріння і для обґрунтування підбору параметрів режиму буріння долота та компоновки бурильної колони, забезпечення найбільш ефективного ведення процесу буріння.

На основі алгоритму наближеного розв'язку задачі моделювання процесу буріння вертикальної свердловини турбінним способом долотами ріжучого типу складені мовою програмування PASCAL комп'ютерні програми "RISEZ", "DRILL", "BUS".

У третьому розділі дана оцінка впливу конструктивних параметрів долота, параметрів бурильного інструменту та режиму буріння на динаміку роботи долота ріжучого типу.

Проведені обчислювальні експерименти і отримано результати розрахунку кінематичних і динамічних параметрів руху бурової механічної системи "порода - долото ріжучого типу - турбобур – бурильна колона" в процесі буріння при різній жорсткості компоновки низу бурильної колони і режимах буріння.

При дослідженнях використовувались наступні компоновки бурильного інструменту:

компоновка 1 - долото ДРС214,3 – М1; турбобур А7Ш; ОБТ178–10 м; ТБПВ – 127×10 - 1000 м;

компоновка 2 - долото ДЛР146; турбобур ТС4А – 127; ОБТ105–15 м; ТБВ - 89×7 - 1500 м.

У програмі передбачена можливість встановлення в будь-якому перерізі бурильного інструменту ВЗП крутильних коливань, що моделюється в'язко-пружним тілом.

Породи на вибої вибирались з умови, що їх фізико-механічні властивості дозволяють забезпечити ефективне застосування доліт ріжучого типу, зокрема пісковик слюди́стий, мармур "коелга", вапняк дрібнокристалічний.

В результаті реалізації програми на ЕОМ розраховувалися наступні величини:

- миттєва швидкість обертання корпусу долота;

- динамічні складові і середнє значення крутного моменту на долоті та турбобурі;
- динамічні складові та середнє значення моменту опору породи руйнуванню;
- динамічні складові реактивного моменту корпусу турбобура та кута закручування колони бурильних труб;
- механічна швидкість та енергоємність заглиблення вибою.

Для аналізу розрахунків використовувалися наступні показники:

- розмах коливань крутного моменту A_m на долоті

$$A_m = M_d^{\max} - M_d^{\min}, \quad (17)$$

де M_d^{\max} , M_d^{\min} - відповідно максимальне і мінімальне значення динамічної складової крутного моменту на корпусі долота.

- коефіцієнт динамічності крутного моменту K_d на долоті, у вигляді:

$$K_d = \frac{M_d^{\max}}{M_{dcp}}, \quad (18)$$

де M_{dcp} - середнє значення крутного моменту на корпусі долота.

Досліджувався вплив конструктивних параметрів долота (n_i, R, α, r_i), параметрів режиму буріння (P_{oc}, Q) та жорсткості C_k віброзахисного пристрою крутильних коливань на динаміку системи “порода-долото-турбобур-бурильна колона”, а також вплив даних параметрів на показники ефективності буріння.

При вивченні особливостей руйнування гірської породи та впливу розміщення різців відносно осі долота на динаміку роботи системи встановлено, що при віддаленні різця від осі долота середнє значення крутного моменту на долоті зростає за лінійною залежністю. З ростом осьового навантаження від 1,5 до 5,25 кН його величина зростає в 3,0 - 3,5 рази, а при збільшенні твердості породи $P_{ш}$ від $60 \cdot 10^7$ до $120 \cdot 10^7$ Н/м² значення моменту зростає в 1,4-1,6 раз. Розмах коливань крутного моменту A_m на долоті зростає за залежністю близькою до лінійної, із збільшенням осьового навантаження в 3,5 раз розмах коливань зростає в 3,2-3,9 раз.

Включення в компоновку ВЗП не впливає на характер зміни величини середнього значення крутного моменту на долоті, при цьому гасяться низькочастотні коливання, зменшується розмах коливань крутного моменту. При зміні жорсткості ВЗП від $100 \cdot 10^3$ до $20 \cdot 10^3$ Нм/рад, осьовому навантаженні $P_{oc}=3,5$ кН, з віддаленням різця від осі обертання розмах A_m коливань крутного моменту зменшується на 70-90 % в порівнянні із жорсткою компоновкою.

Для вивчення впливу кількості ріжучих елементів на одній лінії різання на динаміку роботи долота та енергоємність руйнування породи, на моделі

долота, при осьовому навантаженні $P_{oc}=1$ кН (порода мармур) закріплювали послідовно один, два і три різці на одній лінії різання.

За результатами досліджень встановлено, що: із збільшенням кількості різців від 1 до 3 на лінії різання середнє значення крутного моменту $M_{д\text{ ср}}$ на долоті не змінюється, коефіцієнт динамічності K_d зменшується на 6-8%, а енергоємність руйнування породи E_p зростає в 3 рази. При встановленні в компоновку ВЗП жорсткістю $C_\theta = 20 \cdot 10^3$ Нм/рад, відбувається зменшення величини розмаху коливань крутного моменту A_m на 85%, коефіцієнт K_d зменшується з 1,24 до 1,04, при цьому енергоємність руйнування зростає на 8%.

Для вивчення впливу параметрів режиму буріння та жорсткості компоновки низу бурильної колони на зміну динамічних параметрів руху долота ріжучого типу використана компоновка 1.

Аналізуючи отримані розрахункові поточні значення крутного моменту M_d на долоті ДРС 214,3 М-1 при зміні осьового навантаження від 30 до 100 кН можна відзначити, що всі наведені залежності мають чітко виражений коливний характер. В режимі малого силового навантаження на долото ($P_{oc} = 30$ кН) при бурінні пісковику, залежність $M_d(t)$ має плавний синусоїдальний характер. При цьому заглиблення долота в породу мале, і значну роль відіграє процес перерозподілу навантаження між породоруйнівними елементами. З ростом осьового навантаження відбувається зміна характеру крутильних коливань корпусу долота. Вони носять випадковий характер, так як їх параметри не повторюються періодично за певний проміжок часу роботи долота. Розмах і частота коливань функції $M_d(t)$ з ростом осьового навантаження на долото зростають. Збільшення розмаху коливань пов'язане з ростом заглиблення різців в породу, а збільшення частоти коливань - зміною параметрів коливання горизонтальної складової сили різання. Із збільшенням твердості породи, частота коливань пропорційно зростає, але якісна картина залежностей $M_d(t)$ при збільшенні осьового навантаження не змінюється.

При бурінні свердловин долотами ріжучого типу з використанням вибійних двигунів, особливого значення набуває контроль за крутним моментом. Встановлено, що при осьовому навантаженні $P_{oc} = 100$ кН максимальні динамічні значення крутного моменту на долоті досягають максимального (гальмівного) моменту вибійного двигуна, що може спричинити зупинку двигуна. Одночасно збільшується реактивний момент в компоновці низу бурильної колони, що може привести до втрати її стійкості, зміни напрямку заглиблення вибою свердловини.

При бурінні пісковику та мармуру в режимі малого силового навантаження ($P_{oc} = 10...30$ кН) розмах коливань A_m крутного моменту майже

не змінюється. При збільшенні P_{oc} від 30 до 100 кН, при руйнуванні мармуру, A_m зростає за залежністю близькою до лінійної в 8 раз. Очевидно, це пов'язано із збільшенням амплітуди сумарної реакції вибою, зв'язаної із збільшенням величини розмаху горизонтальної складової сили різання. При бурінні більш м'яких порід (пісковик слюдяний) максимальне значення $A_m=0,63$ кНм спостерігається при $P_{oc}=80$ кН. Із збільшенням осьового навантаження до 100 кН розмах коливань зменшується до 0,25 кНм.

Включення в компоновку низу бурильної колони наддолотного ВЗП крутильних коливань приводить до суттєвого зменшення динамічних складових крутного моменту діючого на долоті.

Встановлення в компоновку ВЗП та зміна його жорсткості не впливає на середнє значення крутного моменту. Частота коливань функції $M_d(t)$ при зміні жорсткості C_o наддолотного ВЗП від $30 \cdot 10^3$ до $120 \cdot 10^3$ Нм/рад практично не змінюється і співпадає з частотою коливань при жорсткій компоновці низу бурильної колони і однакового режимі буріння. Встановлення ВЗП в КНБК при турбінному способі буріння долотами ріжучого типу приводить до зменшення максимального динамічного крутного моменту на долоті, що дає можливість працювати при оптимальних режимних параметрах та підтримувати високу ефективність буріння.

При бурінні пісковика компоновкою без ВЗП з ростом осьового навантаження від 30 до 120 кН спостерігається плавний ріст значення K_d до величини 1,21 при $P_{oc}=70$ кН, та спадом коефіцієнта динамічності до 1,06 при $P_{oc}=100$ кН. Це пов'язано із зменшенням величини розмаху горизонтальної складової сили різання при збільшенні заглиблення різців та перерозподілом навантажень на ріжучих елементах долота, враховуючи форму кривої $P_i^r(l_i)$ для м'яких порід. При бурінні більш твердих порід, мармуру та вапняка, спостерігається непропорційний ріст коефіцієнта динамічності K_d з ростом P_{oc} . Максимальне значення $K_d=1,32$ досягається під час буріння вапняка при осьовому навантаженні 50 кН. При встановленні ВЗП відбувається зменшення коефіцієнта динамічності в 1,25 – 1,27 раз в порівнянні з компоновкою бурильної колони без ВЗП і однакоим режимом буріння.

Із збільшенням крутної жорсткості ВЗП від $20 \cdot 10^3$ до $200 \cdot 10^3$ Нм/рад коефіцієнт динамічності зростає за залежністю близькою до лінійної в діапазоні 1,02-1,18. Розмах величини крутного моменту пропорційний жорсткості ВЗП.

При вивченні впливу конструктивних параметрів долота ріжучого типу на зміну його динамічних параметрів руху встановлено, що:

- середній момент на долоті із збільшенням кількості лопатей долота практично не змінюється;

- коефіцієнт динамічності крутного моменту із збільшенням кількості лопатей на долоті зменшується. При осьовому навантаженні 30кН із збільшенням кількості лопатей в 4 рази, коефіцієнт динамічності зменшується від 1,48 до 1,25.

З точки зору динаміки роботи долота ріжучого типу та зносостійкості його озброєння збільшення кількості лопатей, що зумовлює зменшення ефективних площин різання породоруйнівних елементів, приводить до покращання даних показників.

Збільшення кількості ріжучих елементів на одній лінії різання від одного до трьох приводить до зменшення коефіцієнта динамічності на 25%. Включення в компоновку ВЗП крутильних коливань при встановленні одного різця на лінії різання і однакових умовах буріння, зменшує коефіцієнт динамічності K_d на 67% . Це підтверджує, що використання ВЗП при бурінні свердловин долотами ріжучого типу, значно покращує динаміку взаємодії ріжучого інструменту з вибосом та зменшує динамічні навантаження на ріжучих елементах долота.

Проведені порівняння отриманих нами розрахункової та експериментальної залежності коефіцієнта динамічності K_d крутного моменту від кількості m лопатей долота ДЛР-146 плоского профілю в АТ "НДКБ бурового інструменту" свідчить про задовільну кількісну збіжність результатів (розбіжність - 7-9 %).

Розроблена аналітична модель роботи бурильного інструменту при бурінні вертикальної свердловини долотами ріжучого типу турбінним способом дозволяє визначати такі ефективні параметри процесу буріння, як механічна швидкість V_m та енергоємність E_p заглиблення свердловини.

Аналізуючи залежності механічної швидкості буріння V_m від осьового навантаження P_{oc} , необхідно відмітити, що V_m при збільшенні P_{oc} зростає до певного значення, після чого настає стабілізація росту, а потім зменшення, особливо інтенсивне в області режиму близького до гальмівного. Зменшення V_m пояснюється переважаючим впливом зменшення частоти обертання долота над ростом осьового навантаження. При бурінні в м'яких породах ця різниця значно більша, ніж при бурінні порівняно твердих порід. Так при бурінні вапняка V_m має максимальне значення 9,5 м/год при $P_{oc}=70$ кН, із зменшенням твердості породи в 2 рази, максимум V_m досягається при $P_{oc}=50$ кН і становить 20,42 м/год.

Аналіз залежності $E_p(P_{oc})$ при зміні твердості породи дозволив встановити, що при бурінні пісковика із збільшенням осьового навантаження P_{oc} від 10 до 70 кН, величина E_p монотонно зростає від 32 до 90 кДж/м³.

Подальше збільшення осьового навантаження призводить до незначного зменшення величини енергоємності руйнування. При збільшенні твердості породи якісна картина залежності $E_p(P_{oc})$ не змінюється, максимум E_p переміщується в зону великих осьових навантажень. Темп росту крутного моменту M_d на долоті ріжучого типу перевищує темп збільшення заглиблення H долота за оберт.

Запропонований метод моделювання процесу буріння може надати суттєву допомогу при проектуванні доліт ріжучого типу, виборі оптимального режиму їх відпрацювання і в прогнозуванні показників ефективності буріння.

Четвертий розділ присвячений розробці напрямків практичного використання результатів досліджень роботи долота ріжучого типу.

Проведені нами дослідження дозволили встановити конструктивні і технологічні вимоги до доліт ріжучого типу, що забезпечують ефективність їх застосування :

- встановлення ріжучих елементів “стратапакс” з переднім кутом різання 15^0 - 20^0 при якому зберігається підвищена міцність і опір ріжучих елементів поломкам та руйнуванню;

- використання в конструкції принципу розчленування вибою на зони руйнування окремими групами різців з метою забезпечення менш енергоємної схеми різання;

- встановлення в кожній зоні та лінії різання мінімальної кількості різців, при збереженні повного перекриття вибою і рівномірного навантаження по поверхні торця;

- оцінювати оптимальні значення режимів буріння на основі виведеної функціональної залежності $P_{oc} = f(h)$, яка враховує механічну характеристику породи, геометричні параметри ріжучих елементів та умови буріння;

- при бурінні долотами ріжучого типу порід середньої твердості та твердих порід використовувати в компоновці низу бурильної колони ВЗП, що приведе до зменшення динамічних навантажень на ріжучі елементи долота, вібрацій, які поширюються вгору по бурильній колоні, збільшення проходки на долото, покращання роботи вибійного двигуна та бурильної колони.

На базі розроблених моделей є можливість створення комп'ютерних програм, які б дозволяли розрахунковим шляхом провести:

- дослідження впливу геометричних параметрів ріжучих елементів та форми профілю долота на показники ефективності руйнування породи із заданими механічними характеристиками;

- дослідження впливу розміщення різців по поверхні долота довільної геометричної форми на ефективність процесу буріння;

- дослідження впливу параметрів компоновки бурильної колони і режиму буріння на роботу вибійних двигунів та зносостійкість породоруйнуючих елементів долота даної конструкції при бурінні породи із заданими механічними характеристиками.

Розроблена модель дає можливість подальшого розвитку теоретичних і прикладних досліджень по ефективному використанню віброзахисних пристроїв:

- оцінка впливу параметрів компоновки бурильної колони на динаміку взаємодії ріжучих елементів долота заданої конструкції з породою;

- дослідження впливу типорозміру і довжини секцій ОБТ, місця встановлення і характеристик ВЗП поздовжніх та крутильних коливань на початкову механічну швидкість при бурінні порід із заданими механічними характеристиками;

- вибір місця встановлення і характеристик ВЗП для забезпечення необхідного режиму роботи бурової системи із заданими конструктивними і фізичними параметрами;

Для практичної реалізації результатів досліджень, зменшення динамічних навантажень на озброєння доліт ріжучого типу, нами також розроблено новий віброзахисний пристрій - універсальний буровий амортизатор. Експериментально визначені статичні складові крутильної і поздовжньої жорсткості пружних елементів амортизатора та наведені залежності для розрахунку динамічних складових відповідних жорсткостей. Попередні експлуатаційні випробування універсального бурового амортизатора показали його працездатність та ефективність.

ВИСНОВКИ

В даній роботі отримали подальший розвиток дослідження взаємодії озброєння долота ріжучого типу з вибоєм, вдосконалені аналітичні методи дослідження динаміки і ефективності роботи бурових механічних систем “порода – долото - бурильна колона – привід установки” і “порода – долото - вибійний двигун - бурильна колона” при поглибленні вертикальних свердловин, створена комп’ютерна програма і проведена оцінка впливу конструктивних параметрів долота, режиму буріння та параметрів ВЗП крутильних коливань на динаміку і ефективність роботи долота ріжучого типу.

1. Проведено аналіз досліджень пов’язаних з вивченням роботи доліт ріжучого типу та вказані шляхи вдосконалення існуючих моделей. Встановлено, що однією з основних причин руйнування озброєння долота та

погіршення роботи бурильного інструменту є динамічні навантаження, що діють на долото в процесі буріння.

2. Виведено нову залежність зміни осьового навантаження на долото ріжучого типу від його заглиблення з врахуванням конструктивних параметрів долота, механічних характеристик породи та перекриття площин різання сусідніми різцями долота. Встановлені функціональні залежності між вертикальними і горизонтальними зусиллями діючими на ріжучі елементи долота з використанням експериментальних характеристик процесу руйнування породи одиничними різцями.

3. Описана спільна робота долота ріжучого типу і бурильної колони при роторному і турбінному способах буріння. Розроблені аналітична модель та алгоритм наближеного числового рішення рівнянь руху системи "долото ріжучого типу – вибійний двигун – бурильна колона" дозволяють визначати в будь-який момент часу динамічні параметри взаємодії долота ріжучого типу з вибоєм, кутові зміщення січень бурильної колони, величини динамічних крутних моментів на долоті, турбобурі і в січеннях бурильної колони, при зміні конструктивних параметрів долота, компоновки бурильної колони і режиму буріння на ефективність заглиблення вибою при бурінні вертикальної свердловини.

4. Встановлено, що з ростом осьового навантаження і твердості породи середнє значення крутного моменту на долоті зростає за залежністю близькою до лінійної. Розмах коливань A_m крутного моменту при бурінні пісковика та мармуру в режимі навантажень 10...30 кН, майже не змінюється. При збільшенні осьового навантаження P_{oc} від 30 до 100 кН розмах коливань A_m зростає до $P_{oc} = 80$ кН, а потім зменшується. При рості твердості породи зберігається характер зміни A_m при цьому максимальне значення A_m досягається при більшому осьовому навантаженні. Зі збільшенням витрат промивної рідини Q від 30 до 40 л/с, розмах коливань A_m крутного моменту зменшується в середньому на 25-30 %.

5. Включення в компоновку ВЗП не впливає на характер зміни величини середнього значення крутного моменту на долоті, при цьому гасяться низькочастотні коливання, зменшується розмах коливань крутного моменту. Коефіцієнт динамічності крутного моменту K_d при встановленні ВЗП жорсткістю $60 \cdot 10^3 \dots 120 \cdot 10^3$ Нм/рад зменшується в 1,25-1,27 раз, в порівнянні із компоновкою без ВЗП.

6. Встановлено, що при розбурюванні мармуру долотом ДЛР-146 з осьовим навантаженням 20 кН, збільшення кількості ріжучих елементів на одній лінії різання до трьох приводить до зменшення коефіцієнта динамічності

на 25% і росту енергоємності руйнування в 3 рази. Включення в компоновку ВЗП крутильних коливань жорсткістю $60 \cdot 10^3$ Нм/рад при одному різці на лінії різання приводить, до зменшення K_d на 67% при збереженні величини енергоємності руйнування вибою.

7. Механічна швидкість V_m буріння при збільшенні осьового навантаження P_{oc} зростає до певного значення, після чого настає стабілізація росту, а потім зменшення, особливо інтенсивне в області гальмівного режиму роботи турбобура.

Встановлено, що при бурінні пісковики долотом ДРС214,3 М-1 із збільшенням осьового навантаження P_{oc} від 10 до 70 кН, величина енергоємності руйнування E_p монотонно зростає від 32 до 90 кДж/м³, подальше збільшення осьового навантаження призводить до незначного зменшення величини E_p . При збільшенні твердості породи якісна картина залежності $E_p(P_{oc})$ не змінюється, максимальне значення енергоємності руйнування досягається при більших осьових навантаженнях.

8. Співставлення розрахункових залежностей з експериментальними даними, отриманими при стендових і промислових випробуваннях, дає основу твердити, що розроблені аналітичні моделі роботи долота ріжучого типу відтворюють фізичні процеси, що відбуваються в бурильному інструменті при поглибленні вибою свердловин. Отримані залежності дозволяють проводити оцінку динаміки і ефективності роботи доліт ріжучого типу при їх конструюванні і розробці технологій ефективного використання.

9. Створено новий віброзахисний пристрій - універсальний буровий амортизатор, ефективність роботи якого досягається шляхом гасіння поздовжніх і крутильних коливань окремими пружними елементами незалежної дії. Випробовуваннями експериментального взірця в промислових умовах встановлена його працездатність і ефективність.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІ ПО РОБОТІ

1. Витязь О.Ю. Модель роботи бурильного інструменту при бурінні свердловини турбінним способом. // Державний міжвідомчий науково-технічний збірник "Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ". Серія: Буріння нафтових і газових свердловин. - Випуск 33. - Івано-Франківськ. - 1996. - С. 166-170.

2. Векерик В.І., Витязь О.Ю. Вплив кількості породоруйнівних елементів долота ріжучого типу на ефективність процесу буріння. // Державний міжвідомчий науково-технічний збірник "Розвідка і розробка нафтових і

газових родовищ". Серія: Методи і засоби технічної діагностики. - Випуск 36 (8). - Івано-Франківськ. - 1999. - С.342-347.

▼ 3. Векерик В.І., Витязь О.Ю., Мойсишин В.М., Борецький В.Г. Дослідження роботи універсального бурового амортизатора. // Державний міжвідомчий науково-технічний збірник "Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ". Серія: Буріння нафтових і газових свердловин. - Випуск 35 (2). - Івано-Франківськ. - 1998. - С. 7-15.

▼ 4. Мойсишин В.М., Витязь О.Ю., Крихівський М.В. Визначення власних частот крутильних коливань багаторозмірної бурильної колони. // Державний міжвідомчий науково-технічний збірник "Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ". Серія: Буріння нафтових і газових свердловин. - Випуск 35 (2). - Івано-Франківськ. - 1998. - С. 26-34.

▼ 5. Витязь О.Ю. Взаємозв'язок між заглибленням і осьовим навантаженням на долото ріжучого типу. // Збірник статей міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і шляхи енергозабезпечення України», Ч.2.: Буріння нафтових і газових свердловин. - Івано-Франківськ, ІФІНГ. - 1995. - С.118-122.

▼ 6. Витязь О.Ю., Векерик В.І. Динамічність і ефективність заглиблення вертикальної свердловини роторним способом долотами ріжучого типу. // Збірник статей міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і шляхи енергозабезпечення України», Ч.2.: Буріння нафтових і газових свердловин. - Івано-Франківськ, ІФІНГ. -1995. - С.110-118.

▼ 7. Витязь О.Ю., Векерик В.І. Про вдосконалення породоруйнівних інструментів ріжучого типу. // Збірник статей міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і шляхи енергозабезпечення України», Ч.2.: Буріння нафтових і газових свердловин. - Івано-Франківськ, ІФІНГ. - 1995. - С. 68-73.

▼ 8. Витязь О.Ю., Векерик В.І. Динаміка долота ріжучого типу. // Матеріали XII міжнародної міжвузівської школи-семінару "Методи і засоби технічної діагностики", Івано-Франківськ, ІФДТУНГ, 1995. - 222 с.

▼ 9. Витязь О.Ю., Молдавцев С.А. Аналітичне дослідження взаємодії озброєння долота різального типу з вибоєм свердловин. // Матеріали науково-практичної конференції "Нафта і газ України" (Київ, 1994 р.). - Том 2. - Львів: УНГА, 1995. - 20 с.

▼ 10. Витязь О.Ю., Тирлич В.В., Векерик В.І. Уточнення аналітичної моделі заглиблення долота ріжучого типу при обертовому бурінні. // Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу інституту нафти і газу. - Ч.1. - Івано-Франківськ, 1994. - С.123-124.

11. Векерик В.І., Витязь О.Ю. Вплив розміщення різців на динаміку долота ріжучого типу. // Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу інституту нафти і газу. - Ч.2. - Івано-Франківськ, 1995. - 31 с.

12. Деклараційний патент на винахід № 29863 А – Амортизатор Борецький В.Г., Векерик В.І., Витязь О.Ю.

АНОТАЦІЇ

Витязь О.Ю. Удосконалення технології буріння свердловин долотами ріжучого типу з використанням наддолотних віброзахисних пристроїв.

Дисертація (рукопис) на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.10 - буріння свердловин. - Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, 2001 р.

Захищається 12 наукових праць, які містять теоретичні, експериментальні та промислові дослідження пов'язані з вдосконаленням технології буріння свердловин долотами ріжучого типу. Вивчена робота долота ріжучого типу, встановлена нова аналітична залежність заглиблення долота та площі контакту ріжучих елементів від осевого навантаження, з врахуванням конструктивних параметрів долота, площин перекриття сусідніми різцями і механічної характеристики породи. Розроблені аналітичні моделі роботи бурильного інструменту при бурінні свердловин долотами ріжучого типу роторним та турбінним способами. Проведена оцінка впливу параметрів бурильного інструменту, зокрема віброзахисного пристрою, і режиму буріння на роботу долота. Розроблено напрямки практичного використання результатів досліджень. Запропоновано новий віброзахисний пристрій.

Ключові слова: долото ріжучого типу, динаміка, віброзахисний пристрій.

Витязь О.Ю. Усовершенствование технологии бурения скважин долотами режущего типа с использованием наддолотных виброзащитных устройств.

Диссертация (рукопись) 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 г.

Защищается 12 научных работ, содержащих теоритические, экспериментальные и промышленные исследования связанные с усовершенствованием технологии бурения скважин долотами режущего типа.

Анализ отечественных и зарубежных исследований, связанных с изучением работы режущего типа, позволил установить, что одной из основных причин разрушения вооружения долота и ухудшения работы бурильного инструмента являются динамические нагрузки, действующие на долото в процессе бурения.

Предложена новая зависимость изменения осевой нагрузки от углубления долота, учитывающая его конструктивные параметры, механические характеристики породы, определены функциональные зависимости между усилиями, действующими на режущие элементы долота с использованием экспериментальных характеристик процесса разрушения единичными резцами.

Описана совместная работа долота режущего типа и бурильной колонны в процессе роторного и турбинного способов бурения. Разработанные аналитические модель и алгоритм приближенного решения уравнений движения системы “долото режущего типа – забойный двигатель – бурильная колонна” позволяют определять в любой момент времени динамические параметры взаимодействия долота режущего типа с забоем, угловые смещения сечений бурильной колонны, величины динамических крутящих моментов на долоте, турбобуре и в сечениях бурильной колонны при изменении конструктивных параметров долота, компоновки бурильной колонны и режима бурения, и их эффективность углубления забоя.

Проведена оценка влияния параметров бурильного инструмента, в том числе виброзащитного устройства (ВЗУ) и режима бурения на динамику работы долота.

Установлено, что с возрастанием осевой нагрузки и твердости породы, среднее значение крутящего момента на долото возрастает по зависимости близкой к линейной. Размах колебаний крутящего момента при бурении песчаника и мрамора в режиме нагрузок 10...30 кН, практически не изменяется. При увеличении осевой нагрузки от 30 до 100 кН размах колебаний до значения осевой нагрузки 80 кН возрастает, а потом уменьшается. При возрастании твердости породы сохраняется характер изменения размаха колебаний, при этом максимальное значение размаха смещается в зону больших осевых нагрузок. С увеличением расхода жидкости от 30 до 40 л/с, размах колебаний крутящего момента уменьшается на 25-30 %.

Включение в компоновку ВЗУ не влияет на характер изменения величины среднего значения крутящего момента на долоте. При этом уменьшается размах колебаний крутящего момента. Коэффициент динамичности по крутящему моменту K_d при установке ВЗУ жесткостью $60 \cdot 10^3 - 120 \cdot 10^3$ Нм/рад, уменьшается в 1,25-1,27 раза, по сравнению с компоновкой без него.

Установлено, что при бурении мрамора долотом ДЛС-146 при осевой нагрузке 20 кН и увеличении количества режущих элементов на одной линии резания до трех приводит к уменьшению коэффициента динамичности на 25 % и росту энергоемкости разрушения в 3 раза. Включение в компоновку ВЗУ крутящих колебаний при одном резце на линии резания приводит к уменьшению коэффициента динамичности на 67 % при сохранении величины энергоемкости разрушения забоя.

Механическая скорость бурения при увеличении осевой нагрузки возрастает до определенного значения, а потом наступает снижение темпа роста, а далее и уменьшение, особенно интенсивное в области тормозного режима работы турбобура.

Приведены конструктивные и технологические требования, которые обеспечивают эффективность применения долот режущего типа с учетом параметров низа компоновки бурильной колонны. Указаны пути использования разработанных аналитических моделей и компьютерных программ для совершенствования процесса бурения.

Разработанный универсальный буровой амортизатор, эффективность работы которого достигается гашением продольных и крутильных колебаний отдельными упругими элементами независимого действия. Экспериментально определены статические составляющие крутящей и продольной жесткости упругих элементов амортизатора и приведена методика расчета динамических составляющих, соответствующих жесткостей. Предварительные эксплуатационные испытания универсального бурового амортизатора показали его работоспособность и эффективность.

Ключевые слова: долото режущего типа, динамика, виброзащитное устройство.

Wytyaz O.J. Improvement of well drilling technology by cutting bit using overbit vibroprotective devices.

Dissertation applying for a scientific degree of a Candidate of Technical sciences in the major 05.15.10 – well drilling – Ivano-Frankivsk State Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2001.

12 scientific works are being defended. They include theoretical, experimental and industrial commercial researches dealing with the improvement of well drilling technology by cutter-type bits. The operation of a cutting bit has been studied. There has been determined a new analytical dependence of a bit deepening and area of cutting elements contact on an axis loading taking into consideration the constructive

parameters of bits, planes of cutters' overlapping and mechanical characteristics of rocks. There have been developed the analytical models of drilling tools' operation at well drilling using cutting bits under rotary and turbine drilling. There has been assessed the influence of drilling tools parameters, a vibroprotective device in particular, and drilling regimes on a bit operation.

There have been developed the trends of the practical application of the research. A new vibroprotective device has been developed and proposed.

Key words: cutting bit, dynamics, vibroprotective device.

**НТБ
ІФНТУНГ**



as153