ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. Г. В. КАРПЕНКО

На правах рукописи

ЯНИВ
Павел Петрович

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

Специальность: 01. 02. 04. — Механика деформируемого твердого тела

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ЛЬВОВ 1991

Работа выполнена в Физико-механическом институте им. Г.В.Карпенко АН УССР

Научный руководитель: академик АН УССР, доктор технических наук, профессор ПАНАСЮК В.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор ПОХМУРСКИЙ В.И.,
кандидат технических наук ДВЕРИЙ В.П.

Ведущее предприятие: Ивано-Франковский институт нефти и газа.

Защита диссертации состоится "18" июня 1991 г. в 15^{00} часов на заседании специализированного совета К 016.42.01 в Физико-механическом институте им. Г.В.Карпенко АН УССР (290601, Львов, ГСП, ул. Научная, 5.)

С диссертацией можно познакомиться в библиотеке Физико-механического института им. Г.В.Карпенко АН УССР.

Автореферат разослан "16" мая 1991 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат физико-математических
наук СТАДНИК М.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Эффективность бурения нефтяных и газовых скважин в первую очередь определяется производительностью, надежностью и долговечностью используемых буровых долот. При современных масштабах строительства скважин более 90% метража бурения осуществляется шарошечными долотами. Поэтому важнейшей задачей является подбор их оптимальных конструкций применительно к заданным условиям эксплуатации с целью достижения максимальных показателей бурения.

Цикл строительства скважины включает подготовительные работы к монтажу оборудования, монтаж оборудования, бурение скважины, крепление скважины, ее освоение и демонтаж бурового оборудования. Улучшение технико-экономических показателей каждого элемента цикла является самостоятельной проблемой. В данной диссертационной работе рассматривается проблема улучшения показателей бурения за счет совершенствования методик проектирования режима бурения и конструкции шарошечных долот на базе исследований механики разрушения горных пород породоразрушающим инструментом.

К настоящему времени усилиями советских и зарубежных исследователей в названом направлении достигнуты определенные успехи. Однако до сих пор не разработано научно обоснованных и надежных методов подбора и модернизации шарошечных долот. Для этого используются результаты отработки долот на промыслах и стендах, что не позволяет установить надежные критерии оценки возможностей долот. Поэтому развитие этого направления должно предусматривать дальнейшее углубление исследований.

Таким образом обобщение исследований в области механики разрушения горных пород, изучение кинетики изнашивания вооружения, установление аналитических зависимостей влияния параметров

геометрии долота на механическую скорость бурения и разработка на этой основе эффективных методов прогнозирования долговечности и оптимизации шарошечных долот являются актуальной задачей.

Цель работы: Разработка методов расчета долговечности элементов шарошечного инструмента и повышение его производительности путем оптимизации конструкции, параметров режима бурения и научно обоснованного подбора долот применительно к заданным геологическим условиям эксплуатации.

Основные задачи исследования:

1. Анализ основных методов оценки показателей эффективности шарошечного инструмента для бурения скважин.
2. Разработка математической модели контактного взаимодействия сжатых тел применительно к анализу разрушения породы в процессе бурения скважины.
3. Изучение влияния параметров режима бурения и конструкции долота на механическую скорость бурения и построение соответствующих аналитических зависимостей, характеризующих взаимосвязь параметров этого процесса.
4. Разработка экспериментальной методики исследования кинетики изнашивания шарошечных долот и определения износостойкости материала породоразрушающего инструмента.
5. Разработка метода решения трибоконтактной задачи о взаимодействии зубков шарошечного инструмента с горной породой и прогнозирование долговечности шарошечных долот.
6. Разработка метода поэтапного решения задачи оптимизации.
7. Разработка методических рекомендаций по совершенствованию конструкции шарошечного долота и выбора оптимальных значений параметров режима бурения в заданных геологических условиях эксплуатации.

Методы решения поставленных задач включают:

1. Анализ и синтез литературных, а также экспериментальных данных о бурении скважин, включая данные экспериментальных исследований износостойкости материала вооружения шарошечных долот;
2. Математическое моделирование процессов бурения и решение теоретических задач о трибоконтактном взаимодействии зубков долот различной конфигурации с горным массивом;
3. Выделение главных факторов, определяющих эффективность процесса бурения и их оптимизация.

Научная новизна заключается в следующем:

- разработан метод построения функциональной зависимости механической скорости бурения от главных факторов, влияющих на эффективность бурения;
- разработана модель кинетики изнашивания вооружения шарошек долот (тел качения), методика построения функции износостойкости материала в этом случае;
- разработан метод решения трибоконтактной задачи взаимодействия породоразрушающего инструмента с горной породой и методика прогнозирования долговечности шарошечных долот;
- предложен метод поэтапной оптимизации процесса бурения с использованием существующих серийных долот.

Практическая значимость работы состоит в том, что применение полученных результатов исследований позволяет повысить эффективность работы шарошечных долот на забое скважин, прогнозировать более высокие показатели бурения путем подбора геометрических параметров вооружения шарошечных долот и режимов бурения в зависимости от геологических условий эксплуатации.

Разработаны методики расчета ресурса шарошечных долот, пути оптимизации их конструкции и параметров режима бурения.

Реализация работы. Разработки автора успешно использовались Бориславским управлением буровых долот при бурении скважин на площадях Прикарпатского региона.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на I Всесоюзной конференции "Механика разрушения материалов", г. Львов, 1987 г., XIII конференции молодых ученых физико-механического института им. Г.В.Карпенко АН УССР г. Львов, 1987 г., III, IУ Всесоюзных семинарах "Создание высокоэффективного крупногабаритного шарошечного инструмента" г.Дрогобыч, 1984 г., 1986 г., научных семинарах ФМИ им. Г.В.Карпенко АН УССР, г. Львов, 1987 г., 1991 г.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 5 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы (182 источника), общих выводов и приложения. Работа изложена на 141 странице машинописного текста, содержит 25 рисунков, 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность, а также научная и практическая важность вопросов, составляющих предмет диссертационной работы.

В первой главе приведена краткая характеристика применяемых способов оценки показателей процессов шарошечного бурения скважин. Изложены подходы к исследованиям кинетики изнашивания вооружения шарошечных долот и механики разрушения горных пород. На основании литературного обзора и анализа методов совершенствования конструкции шарошечных долот и выбора параметров режима бурения, сформулированы цель и задачи работы.

Во второй главе дан анализ критериев оптимизации процесса бу-

рения скважин, разработан метод построения функциональной зависимости механической скорости бурения от факторов, влияющих на эффективность бурения.

Для проектирования оптимальных параметров бурения известно ряд критериев: максимум механической скорости проходки $V_1 = V_{1max}$; максимум рейсовой скорости бурения $V_p = V_{pmax}$; минимум стоимости бурения $g = g_{min}$; максимум коммерческой скорости $V_K = V_{Kmax}$; максимум проходки за рейс $h' = h'_{max}$ и др. В настоящей работе для проведения оптимизации предлагается использовать критерий $V_p = V_{pmax}$, который хорошо зарекомендовал себя и наиболее часто применяется в нашей стране. Его представляют, с учетом разработанной схемы проводки скважины, зависимостью

$$V_p = \frac{V_1 V_2 t_o}{t_o V_2 + H} = V_{pmax}, \qquad (I)$$

где V_1 - механическая скорость бурения, V_2 - скорость проведения спускоподъемных операций (СПО), t_o - время изнашивания вооружения долота, H - глубина скважины.

В приведенном соотношении (I) переменными являются механическая скорость бурения V_1 и время t_o работы инструмента до допустимого износа. В свою очередь величина каждого из них зависит от совокупности параметров a_i процесса бурения и геометрии долота, основными из которых являются: осевое усилие P_{oc} , частота вращения n_g долота, угол заострения γ зубка, площадка притупления b , шаг зубьев ρ , смещение K_c оси шарошки в плане, характеристик износостойкости материала вооружения и др. Для обеспечения V_{pmax} необходимо решить задачу по подбору оптимальных значений некоторого числа параметров a_i .

наиболее влияющих на процесс бурения скважин. Для этого необходимо исследовать функцию (1) на экстремум (максимум), т.е. обеспечить выполнение условий

$$\frac{\partial V_p}{\partial a_i} = 0, \qquad \sum_{i,j=1}^{K} \frac{\partial^2 V_p}{\partial a_i \partial a_j} < 0. \qquad (2)$$

Решение этой задачи возможно при наличии многофункциональных зависимостей $V_1(a_i)$ и $t_0(a_i)$. В настоящее время таких зависимостей не построено. Поэтому для решения задачи оптимизации предложено использовать известный в механике разрушения материалов метод граничной интерполяции (МГИ). Согласно МГИ общее решение многопараметрической задачи представляется на основании имеющихся решений частных однопараметрических задач. В данном случае решение можно получить при наличии аналитических соотношений связывающих механическую скорость бурения V_1 и время t_0 с каждым из параметров a_i.

Зависимость механической скорости бурения V_1 от совокупности параметров представлена функционалом

$$V_1(a_i) = F(a_i) = F(a_1; a_2; a_3; \ldots; a_K), \quad i = 1, 2, 3, \ldots, K, \qquad (3)$$

где K - число параметров.

Полагается, что множество всех значений параметров равно множеству их начальных значений b_i т.е. $\{a_i\} = \{b_i\}$ Причем $a_i = b_i + \Delta b_i$, где $\Delta b_i \ll b_i$ - вариация параметра. В таком случае

$$V_1(a_i) = F(b_i + \Delta b_i) = F(b_1 + \Delta b_1; b_2 + \Delta b_2; \ldots; b_K + \Delta b_K). \qquad (4)$$

Учитывая, что $\Delta b_i \ll b_i$ раскладывая (4) в ряд окрестности значений b_i и пренебрегая смешанным произведением

получено приближенное равенство для нахождения $v_1(a_i)$

$$v_1(a_i) \approx -(K-1)F(b_1; b_2; b_3; \dots; b_K) + \sum_{i=1}^{K} F_i(b_1; \dots; b_{i-1}; b_i + \Delta b_i; b_{i+1}; \dots; b_K). \quad (5)$$

Приближенное равенство (5) дает возможность путем оптимизации по каждому из a_i параметров в отдельности произвести подбор их значений таким образом, чтобы обеспечить v_{pmax}.

В третьей главе проведен анализ факторов влияющих на эффективность работы долота на забое скважины. В результате выделено три группы параметров: I) Параметры режима бурения; 2) Геометрические параметры долота, шарошки, вооружения; 3) Параметры, определяющие износ вооружения. Эти параметры включаются в модельные задачи механики деформируемого твердого тела для получения общего решения поставленной задачи.

Установлено, что из параметров режима бурения наиболее существенное влияние на v_1 оказывает осевая нагрузка P_{oc} и частота вращения долота n_g.

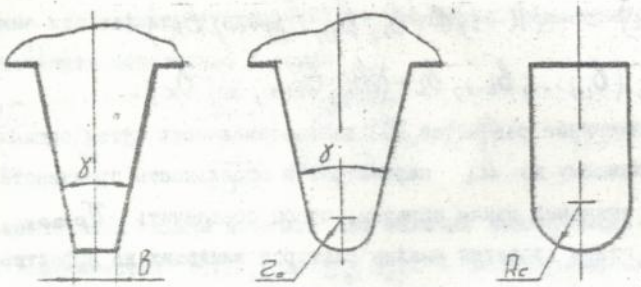
Для установления вида аналитической зависимости функции механической скорости проходки осуществлена постановка и решение контактной задачи о взаимодействии вооружения долота клиновидной (Рис.Iа) и сферической (Рис.Iв) формы с горной породой.

Из экспериментальных исследований известно, что механическая скорость проходки пропорциональна углублению h инструмента в породу и частоте его вращения n_g и описывается соотношением

$$v_1 = L A_1 h n_g^{m_2}, \quad (6)$$

где L - передаточное отношение; $A = n_{об}^{-1}$ - коэффициент пропорциональности, характеризующий количество оборотов долота до полного единичного разрушения породы; m_2 - коэффициент,

зависящий от прочности породы.



а) б) в)

Рис. I

На основании экспериментальных данных о разрушении горных пород принято считать, что величина углубления h зуба в породу прямопропорциональна прикладываемому усилию $P_{зуб}$ и обратнопропорциональна площади контактной поверхности зуба S

$$h = A_2 \frac{P_{зуб}^{m_1}}{S} \qquad (7)$$

где m_1 - коэффициент, зависящий от прочности породы.

На основании выше изложенного, а также аналитического решения соответствующей контактной задачи о сжатии двух твердых тел, установлено влияние геометрических параметров вооружения клиновидной и сферической формы на величину углубления его в породу, а также установлено число оборотов до разрушения забоя при заданном давлении

$$h = \sqrt{\frac{b^2}{16 tg^2 \frac{\gamma}{2}} + \frac{A_2 P_{зуб}^{m_1}}{2 l tg \frac{\gamma}{2}}} - \frac{b}{4 tg \frac{\gamma}{2}}; \quad n_{об} = \frac{D\rho}{12 K_в h R_ш}; \qquad (8)$$

$$h' = A_2 \frac{P_{зуб}^{m_1}}{\left[\frac{3 P_{зуб} R_c (1-\mu^2)}{4E}\right]^{\frac{2}{3}}}; \quad n'_{об} = \frac{D\rho}{2 K_в R_ш} \left[\frac{4E}{3 P_{зуб} R_c (1-\mu^2)}\right]^{\frac{1}{3}}. \qquad (9)$$

На основании формул (6), (7), (8) и (9) получены соотношения для расчета v_1 при использовании долот с клиновидным и сферическим вооружением

$$v_1=\left(\sqrt{\frac{b^2}{16\,tg^2\frac{\gamma}{2}}+\frac{A_2 P_{oc}^{m_1}}{2 Z_1^{m_1}\ell\, tg\frac{\gamma}{2}}}-\frac{b}{4tg\frac{\gamma}{2}}\right)^2\frac{12 K_b R_ш}{D p} f_p\, i\, n_g^{m_2}; \qquad (10)$$

$$v_1'=A_2'\frac{\left(P_{oc} Z_1^{-1}\right)^{\frac{2}{3}m_1}}{\pi\sqrt{3R_c(1-\mu^2)(4E)^{-1}}}\frac{4 K_b R_ш}{D p} f_p\, \xi\, i\, n_g^{m_2}, \qquad (11)$$

где ℓ - длина зуба клиновидной формы; f_p, ξ - коэффициенты, учитывающие увеличение лунки разрушения за счет образования ядра разрушения и выкола породы; $R_ш$ - радиус рассматриваемого венца шарошки; K_b - число венцов на долоте одинакового диаметра; R_c - радиус сферического вооружения; E, μ - модуль упругости и коэффициент Пуассона для разбуриваемой породы.

Для установления влияния смещения K_c оси шарошки на изменение v_1 использованы графические зависимости $v_1(K_c)$, полученные на основании экспериментальных исследований проводимых ВНИИБТ. В результате принято следующую аппроксимацию

$$v_1 = v_{01} + c_K K_c^{m_3}, \qquad (12)$$

где v_{01} - механическая скорость бурения долотом, у которого $K_c = 0$; c_K, m_3 - коэффициенты, зависящие от типа долота и прочности породы.

Используя выше упомянутый метод граничной интерполяции, установлено общие функционалы, учитывающие влияние параметров a_i на механическую скорость бурения для вооружения соответственно клиновидной v_1 и сферической v_1' формы

$$v_i = \sqrt{\left(\frac{b^2}{16 tg^2\frac{\gamma}{2}} + \frac{A_2 P_{oc}^{m_1}}{2 Z_1^{m_1} l tg\frac{\gamma}{2}} - \frac{b}{4 tg\frac{\gamma}{2}}\right)^2 \frac{12 K_b R_ш}{D P} f_p i n_g^{m_2} + v_{01} + c_к K_c^{m_3} - v_0}, \quad (13)$$

$$v_i' = A_2' \frac{\left(P_{oc} Z_1^{-1}\right)^{\frac{2}{3} m_1}}{\pi\sqrt{3 R_c (1-\mu^2)(4E)^{-1}}} \frac{4 K_b R_ш}{D P} f_p \left\{ i n_g^{m_2} + v_{01} + c_к K_c^{m_3} - v_0 \right. . \quad (14)$$

Четвертая глава посвящена изучению кинетики изнашивания вооружения шарошечных долот. В проводимых исследованиях принималось, что при гидроабразивном изнашивании материала вооружения шарошечных долот между скоростью изнашивания γ и удельной силой трения τ существует функциональная зависимость, установленная в работах А.Е.Андрейкива и М.В.Чернеца, следующего вида:

$$\gamma = v \phi^{-1}(\tau), \quad (15)$$

где $\phi(\tau)$ - характеристическая функция износостойкости материала, которую устанавливают по результатам экспериментальных исследований износа вооружения долота. Эту характеристику аппроксимируют следующим соотношением:

$$\phi(\tau) = A \tau^{-m}, \quad (16)$$

где v - скорость скольжения; A и m - характеристики износостойкости материала, определяемые по результатам экспериментальных исследований износа вооружения долота Δ. При износе происходит изменение конфигурации рабочей поверхности инструмента и соответственно перераспределение τ, т.е. $\tau = \tau(\Delta)$.

Последовательным решением трибоконтактной задачи о вдавливании в породу штампа с поверхностью, соответствующей рабо-

чему профилю породоразрушающего инструмента, построена графическая зависимость $\tau = \tau(\Delta)$, аппроксимацию которой осуществлено соотношением вида:

$$\tau = \tau_0 e^{-c\Delta}, \qquad (17)$$

где $\tau_0 = \tau_{max}$ при $\Delta = 0$, C - коэффициент.

В результате, с учетом особенностей работы породоразрушающего инструмента на забое скважины, получено уравнение для определения времени работы долота до достижения допустимого износа Δ_*.

$$t_0 = \frac{A\pi D}{60 i p v \tau_0^m} \frac{e^{cm\Delta_*} - 1}{cm}. \qquad (18)$$

Исследовано влияние геометрии вооружения и параметров режима бурения на интенсивность изнашивания долота. Рассмотрено два вида изменения геометрической формы зубьев шарошечных долот:

1. С сохранением формы близкой к клину с некоторым заокруглением вершины. Такой вид износа наблюдается при работе долота в твердой и абразивной породе, когда износ происходит в основном за счет динамического воздействия зуба на породу с интенсивным износом набегающей поверхности зубьев (Рис.1б).
2. По плоскости паралельной первичному притуплению. Такой вид износа наблюдается при бурении крепких пород и большой величине скольжения вооружения долота (Рис.1а).

Для обоих моделей износа проведено решение трибоконтактных задач и построены функциональные зависимости времени работы долота с его геометрическими и режимными параметрами, позволяющие определить полное время t_0 работы долота на забое скважины. Эти зависимости имеет вид

$$t_0' = \frac{A b \operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}}{4 i^2 \pi n_g P z}\left[\frac{2 D P}{f P_{oc} \operatorname{ctg}\left(\frac{\gamma}{2}+\varphi\right)}\right]\left(\frac{1+\frac{2\Delta_*}{b \operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}}}{1-m}\right)^{1-m}; \quad (19)$$

$$t_2'' = \frac{D A}{i^2 f^m n_g P z}\left[\frac{\pi e}{P_{oc}\left(1-\sin\frac{\gamma}{2}\right)}\,\frac{1-\mu^2}{E}\right]^{\frac{m}{2}} \frac{\left(\frac{b}{2}\cos\frac{\gamma}{2}+\Delta_*\sin\frac{\gamma}{2}\right)^{\frac{m}{2}+1}-\left(\frac{b}{2}\cos\frac{\gamma}{2}\right)^{\frac{m}{2}+1}}{(m+2)\sin\frac{\gamma}{2}}. \quad (20)$$

В результате численного решения уравнений (19), (20) определена долговечность (повенцовая) долота 295,3С-ГВ. Она составляет II ... I6 час., что отвечает реальному времени отработки долот в принятых геологических условиях эксплуатации.

В конце главы дается методика определения характеристик износостойкости материала породоразрушающего инструмента. Указанные характеристики интегрально учитывают совокупность всех факторов и условий, имеющих место на всем протяжении процесса изнашивания материала вооружения долота. Методика может быть использована как для шарошечных долот с вооружением в виде фрезерованного клина, так и твердосплавных зубков различной формы. В пятой главе показана практическая реализация разработанных ранее теоретических выкладок по определению таких значений режимных параметров и конструкции долота, которые согласно принятой математической модели процесса обеспечили максимум рейсовой скорости. Для достижения этой цели проведены исследования как в стендовых так и в промышленных условиях. Стендовые исследования были проведены на Дрогобычском долотном заводе. В результате эксперимента было установлено влияние величины притупления зубьев шарошек, обусловленное их износом и разрушением, на изменение механической скорости бурения.

Обработка результатов проводилась по разработанной в работе методике. По экспериментальным значениям строили графические

зависимости $\Delta = \Delta(t)$. Для каждого интервала работы долота определяли напряжение на забое и строили графические зависимости $\sigma = \sigma(t)$. Определяли удельную силу трения и строили графическую зависимость $\tau = \tau(\Delta)$. Ее аппроксимацию осуществляли уравнением (17) путем подбора τ_0 и C.

Путь трения S_i вооружения каждого венца шарошки с забоем скважины определяли по методике разработанной в СредАзНИИГазе. Определяли экспериментальные значения функции износостойкости $\Phi(\tau)$ и строили диаграмму износостойкости, аппроксимацию которой осуществляли соотношением (16) путем подбора методом наименьших квадратов значений характеристик износостойкости A и m.

Построенные функционалы $V_1(a_i)$ и $t_0(a_i)$ с помощью системы оптимизации позволяют на ЭВМ провести подбор таких значений параметров режима бурения и геометрии долота, чтобы обеспечить максимальные показатели процесса бурения в заданных геологических условиях проводки скважины. Оптимизация осуществляется по пачкам пород одинаковой буримости. Таким образом, для каждой пачки могут быть получены оптимальные параметры режима бурения и геометрии долота, т.е. для каждой пачки необходимо провести проектирование нового долота с оптимальными параметрами. Учитывая большое число бурящихся скважин в масштабе страны, широкое разнообразие их стратиграфических разрезов для реализации предложенного прямого метода оптимизации необходимо изготовить значительное количество новых долот. Поэтому решение прямой задачи трудно осуществимо. В связи с этим предложено поэтапный метод решения задачи оптимизации, согласно которого оптимизацию следует проводить в три этапа. На первом этапе необходимо определить оптимальные параметры режима бурения и геометрии долота.

На втором этапе провести сравнение оптимальных геометрических параметров вооружения с существующими в реальных долотах и выбрать из всей номенклатуры долото наиболее близкое по конструкции к оптимальному. На третьем этапе необходимо для выбранного долота провести уточнение значения оптимальных параметров режима бурения.

Предложенный метод позволяет проводить оптимизацию с использованием существующей номенклатуры буровых долот путем их научно обоснованного выбора. При проектировании новых долот решение второго и третьего этапа задачи оптимизации не проводится.

По результатам исследований разработано "Методические рекомендации проведения оптимизации процесса бурения скважин и совершенствования конструкции шарошечных долот", которое можно использовать при составлении технических проектов бурения скважин.

Апробация предложенного метода оптимизации была осуществлена Бориславским УБР при проходке пород Ямненской и Стрыйской серии Оровской скибы и дала положительный результат. Годовой экономический эффект при бурении указанных горизонтов составил 20182,4 рублей.

Заключение. В работе на основании комплексного обобщения теоретических, экспериментальных и промышленных исследований автором получены следующие основные результаты:

1. Выполнено научное обобщение исследований в области механики разрушения горных пород шарошечными долотами в связи с проблемой повышения технико-экономических показателей бурения, в результате которого получили дальнейшее развитие научно-методические вопросы проведения оптимизации работы шарошечных долот, изучение кинетики изнашивания вооружения, выполнены разработки и даны рекомендации по совершенствованию

проектирования конструкции вооружения шарошечных долот и параметров режима бурения.

2. На основании обоснованного выбора критерия оптимизации - максимума рейсовой скорости бурения построена математическая схема бурения заданного геологического разреза.
3. В результате применения метода граничной интерполяции получен функционал, связывающий механическую скорость бурения с параметрами, оказывающими наибольшее влияние на эффективность процесса бурения.
4. Получены однопараметрические зависимости связи механической скорости бурения с частотой вращения долота и смещением оси шарошки в плане.
5. Дано решение трибоконтактной задачи как задачи механики разрушения о взаимодействии породоразрушающего инструмента с горной породой и на этой основе предложена методика прогнозирования долговечности шарошечных долот.
6. Разработана модель изнашивания вооружения шарошечных долот и экспериментальная методика построения функции износостойкости материала.
7. Разработан способ определения скорости проведения спуско-подъемных операций.
8. Разработан метод, позволяющий осуществлять процесс оптимизации факторов, оказывающих наибольшее влияние на эффективность бурения скважин.
9. Разработан метод поэтапного решения задачи оптимизации, позволяющий проводить выбор элементов шарошки оптимальных параметров или проводить оценку оптимальности параметров долота заданной конструкции в известных геологических условиях эксплуатации.
10. Экономический эффект от внедрения разработок и рекомендаций составил 20182,4 рублей.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

I. Использование методов механики разрушения при оптимизации процессов бурения и горной проходки //Тез. докл. I Всесоюз. конф. "Механика разрушения материалов", Львов, 20-22 окт. 1987 г. - Львов, 1987. - С. 303. (Совместно с М.В.Чернецом, Ю.Ю.Скварком).

2. Оптимизация процесса разрушения горных пород бурением // Докл. АН УССР. Сер. А. - 1989. - № 2. - С. 34-37 (Совместно с В.В.Панасюком, А.Е.Андрейкивым, М.В.Чернецом, Ю.Ю.Скварком).

3. О кинетике изнашивания вооружения шарошечного долота. // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. - Львов: Вища школа. 1989. - № 26. - С. 92-95 (Совместно с Е.П.Майданом, М.В.Чернецом).

4. К вопросу оптимизации процесса бурения шарошечными долотами. - Львов, 1989. - 30 с. - Деп. в ВИНИТИ II.07.1989 г. - № 4614-В89. (Совместно с В.В.Панасюком, А.Е.Андрейкивым, М.В.Чернецом).

5. Методические рекомендации проведения оптимизации процесса бурения скважин и совершенствования конструкции шарошечных долот. - Львов, 1990. - 28 с.

Подписано к печати 24. 04. 91. Формат 60×84 1/16.
Печать офсетная. Усл. п. л. 1,0. Тираж 100.
Зак 964. Бесплатно.
Тип. СПТУ № 58. 290008. Львов, Ив. Федорова, 9.