

Подписано в печать 23.07.98.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 100 экз. Заказ № 89.

Ухтинский индустриальный институт.

169400, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.

Отдел оперативной полиграфии УИИ.

169400, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.

На правах рукописи

УДК 622.24.08(470.1/25)

КАМЕНСКИХ СЕРГЕЙ ВЛАДИСЛАВОВИЧ

**РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ
БУРЕНИЯ СКВАЖИН ТРЕХШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ**

Специальность 05.15.10 «Бурение скважин»

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Ухта 1998

Работа выполнена в Ухтинском индустриальном институте (УИИ)

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент

Петр Федотович Осипов

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор

Евгений Константинович Юнин

кандидат технических наук

Анатолий Григорьевич Минко

Ведущее предприятие - Государственное Федеральное

унитарное предприятие (ГФУП)

«Ухтанефтегазгеология»

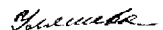
Защита диссертации состоится «22» «октября» 1998 года в «14» часов на заседании диссертационного совета К 064.83.02 при Ухтинском индустриальном институте по адресу: 169400, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Ухтинского индустриального института

Автореферат разослан «24» «сентября» 1998 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат технических наук, доцент



Н.М. Уляшева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ.

Бурение скважин на нефть и газ - самый дорогостоящий процесс в общем цикле работ, связанных с разведкой этих полезных ископаемых, их добычей, транспортом и переработкой. Одним из основных процессов при бурении является работа долота по углублению ствола скважины. Оптимизация этого процесса оказывает решающее влияние на технико-экономические показатели строительства скважин. Решение проблемы оптимизации режимов бурения усложняется неоднородностью разбуриваемых пород, присущей практически всем площадям и месторождениям, и ограниченностью информации об ее свойствах, характерной для проводки поисковых и разведочных скважин.

В нашей стране и за рубежом накоплен достаточно большой опыт исследования процессов, связанных с работой долота на забое. Во временном отношении этот опыт занимает несколько десятков лет. Затрачены немалые средства на проведение исследований, результатом которых стало накопление знаний о процессах, сопутствующих работе долота на забое. Однако, необходимо дальнейшее развитие этих исследований, направленных на создание работоспособной методики поиска оптимальных вариантов углубления скважин на площадях (месторождениях), сложенных перемежающимися породами, при минимуме исходной информации.

Следует отметить, что строительство скважин в условиях Крайнего Севера осложняется суровыми природно-климатическими условиями, которые характеризуются пониженными температурами, сильными пронизывающими ветрами и труднодоступностью большинства районов бурения. В результате этого заметно увеличивается доля простоев, вспомогательных и ремонтных работ в балансе рабочего времени, накладываются определенные ограничения на темп выполнения спуско-подъемных операций, снижается надежность работы бурового оборудования и производительность труда буровых бригад. Между тем эти факторы не учитываются при планировании долбления, при выборе долот и параметров его отработки.

Поэтому разработка методики выбора оптимальных параметров режима бурения, способной с достаточной точностью и оперативностью моделировать отработку долота в перемежающихся породах при минимуме исходной информации и учитывающей особенности строительства скважин в условиях Крайнего Севера, является актуальной.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Повышение эффективности процесса разрушения горных пород при бурении в условиях чередования пород по буримости путем оптимизации параметров режима бурения на основе разработки методики отработки долота с применением ПЭВМ на этапах проектирования и управления процессом с учетом влияния экстремальных условий Крайнего Севера.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ РАБОТЫ.

1. Установление свойств и закономерностей диаграммы бурения (зависимость углубления долота за оборот от удельной нагрузки).

2. Исследование основных факторов, влияющих на процесс работы шарошечных долот, и разработка методики проектирования оптимальных режимов бурения на основе диаграммы (п.1) в перемежающихся породах.

3. Реализация методики оптимизации параметров режима бурения перемежающихся пород путем разработки пакета компьютерных программ, в том числе с возможностью учета особенностей строительства скважин в экстремальных условиях Крайнего Севера.

4. Разработка основных положений информационного обеспечения методики оптимизации режимов бурения и реализующей ее программы.

5. Апробация регламентов на углубление поисковых и разведочных скважин в неоднородных по буримости породах.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА.

1. По фактическим результатам бурения впервые установлены (и выявлены из числа уже известных) закономерности диаграммы бурения, которые позволя-

ют преодолеть методические трудности, связанные с неоднородностью пород по буримости.

2. Для прогнозирования износа шарошечных долот разработана принципиально новая методика определения и «расходования» ресурсов опоры и вооружения, определяемых как произведение удельной нагрузки на долото, частоты его вращения и стойкости. На основе промышленного материала об отработке долот установлены нормативные значения ресурсов опоры и вооружения различных типоразмеров шарошечных долот и заводов-изготовителей. Выявлены количественные зависимости ресурсов опоры и вооружения долота от режима его отработки, твердости и абразивности разбуриваемых пород, типа и параметров бурового агента, входящих в него смазочных добавок, степени очистки, присутствия сероводорода.

3. На основе установленных свойств и закономерностей диаграммы бурения (п. 1) впервые разработана методика оптимизации параметров режима бурения и реализующая ее компьютерная программа, которые позволяют с достаточной точностью и оперативностью моделировать отработку долота в неоднородных по буримости породах при минимуме исходной информации; моделировать работу не выпускаемых серийно (опытных) долот; учитывать природно-климатические факторы Крайнего Севера и сезонность.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

1. Установленные свойства и закономерности диаграммы бурения должны использоваться в качестве методической основы для разработки методики оптимизации параметров режима бурения перемежающихся пород при минимуме исходной информации.

2. Методика определения и «расходования» ресурсов опоры и вооружения, а также их установленные значения и количественные зависимости от режима отработки долота, твердости и абразивности разбуриваемых пород, типа и параметров бурового агента, входящих в него смазочных добавок, степени очистки, присутствия сероводорода должны использоваться при прогнозировании износа шарошечных долот.

3. Разработанную методику оптимизации параметров режима бурения и реализующую ее компьютерную программу необходимо использовать при проектировании регламентов на углубление поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин и оперативном управлении отработкой долота в условиях частой изменчивости пород по буримости.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ.

По результатам бурения 16 площадей Усинского района и Ненецкого автономного округа установлены нормативные значения ресурсов опор и вооружения для различных типоразмеров шарошечных долот и заводов-изготовителей. Правомерность применения найденных значений ресурсов опор для прогнозирования стойкости подтверждена промысловыми испытаниями на скв. 1-НЧ Чибью (ООО «Одессбур»).

Разработанная программа оптимизации параметров режима бурения использовалась при проектировании и оперативном управлении отработкой долот на поисковой скв. 32-Вост. Возейю и разведочной скв. 50-Вост. Уса, сложенных неоднородными по буримости породами, что позволило (по сравнению с результатами строительства скв. 31 и 34-Вост. Возейю и скв. 40-Сев. Уса):

- увеличить проходку на долото в 1,6; 1,4 и 1,3 раз соответственно;
- снизить стоимость 1 м проходки на 42, 45 и 24,5 % соответственно;
- увеличить рейсовую скорость в 1,8; 1,9 и 1,3 раз соответственно.

Экономический эффект от использования оптимальных режимов бурения на скв. 32-Восточная Возейю и скв. 50-Восточная Уса составил 162152 и 222840 руб. соответственно (в ценах 1984 г.).

Основные принципы и положения, лежащие в основе разработанной методики оптимизации параметров режима бурения перемежающихся пород и созданной на ее основе программе, используются при обучении студентов специальности 090800 «Бурение нефтяных и газовых скважин» в лекционном курсе дисциплин: «Проектирование скважин», «Научные основы проектирования режимов бурения», «Программное обеспечение в бурении», при курсовом и дипломном проектировании.

Практическая ценность работы характеризуется также соответствием основных направлений исследований программам госбюджетных фундаментально - прикладных НИР по Единым заказ - нарядам Министерства общего и профессионального образования РФ: «Создание и развитие научных основ геолого - технических решений по разведке месторождений нефти и газа кустами паклонных и горизонтальных скважин» (№ 9602), «Разработка и развитие актуальных вопросов бурения и заканчивания направленных скважин на Севере Европейской части России» (параграф 47); научно-технической программе по заказу Минтрансвязи РК: «Разработка методики технологического и экологического контроля доразведки выведенных из разработки месторождений нефти и газа» (№ 9702); хозяйственной работе: «Научно-техническое сопровождение по строительству скважины 1-НЧ Чибью» (№ 9539).

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ.

Основные положения работы докладывались на научно-технической конференции «Проблемы развития газодобывающей и газотранспортной систем отрасли России» (г. Ухта, апрель 1995г.), научных коллоквиумах и семинарах кафедры бурения УИИ (г. Ухта, 1996-1998 г.г.), международной конференции «Проблемы освоения Тимано-Печорской нефтегазонасыщенной провинции» (г. Ухта, февраль 1998 г.), технологическом семинаре ГНПП «Недра» (г. Ярославль, май 1998 г.); основные положения работы использованы в методических указаниях «Математическая модель оптимизации режимов бурения шарошечными долотами» для вузовской и послевузовской подготовки специалистов по направлению 553600 «Нефтегазовое дело».

ПУБЛИКАЦИИ.

Содержание диссертационной работы изложено в 9 печатных работах.

ОБЪЕМ РАБОТЫ.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов и рекомендаций, списка использованной литературы из 167 наименований, трех приложений, изложена на 188 страницах машинописного текста, включая 68 рисунков и 25 таблиц.

ВО ВВЕДЕНИИ показана актуальность темы диссертации и в виде краткой аннотации изложены основные положения выполненной работы.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ выполнен обзор и анализ работ отечественных и зарубежных исследователей в области оптимизации параметров режима бурения.

Значительный вклад в исследование, совершенствование и проектирование режимов бурения скважин внесли как отечественные: Ю.Ф. Алексеев, Б.В. Байдюк, В.Г. Великов, Г.Д. Бревдо, В.Г. Григулецкий, А.В. Зубарев, Р.А. Иоаннесян, Ю.Р. Иоаннесян, Н.А. Колесников, М.Р. Мавлютов, В.Д. Маханько, А.В. Орлов, А.А. Погарский, А.Н. Попов, С.А. Посташ, Ю.Ф. Потапов, В.В. Симонов, А.И. Спивак, В.С. Федоров, Л.А. Шрейнер, Р.М. Эйгелес, Е.К. Юнин и другие, так и зарубежные исследователи: Д. Аллен, М. Бингхэм, Х. Вудс, Е. Галле, Д. Роулей, Р. Финстра, Д. Эккель, Д. Эдвардс и др. Достаточно большое влияние на развитие технологии бурения на Севере Европейской части России оказали Р.Г. Ахмадеев, В.Ф. Буслаев, И.Ю. Быков, С.М. Вышенский, Ю.М. Гержберг, В.А. Зюзев, В.Т. Лукьянов, П.Ф. Осипов, Ю.Ф. Рыбаков, Г.Ф. Скрябин, Н.М. Уляшева и др.

Показаны основные преимущества и недостатки известных методик и моделей проектирования оптимальных режимов бурения и доказано, что одной из основных проблем успешного моделирования отработки долота является неоднородность пород по буримости, присущая практически всем площадям и месторождениям, и неоправданно усложненные подходы к информационному обеспечению существующих методик и моделей, что значительно затрудняет их применение, особенно в практике поискового и разведочного бурения.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ показано, что трудности, обусловленные перемежаемостью пород, преодолеваются, если методика, описывающая работу долота на забое, основывается на сравнительно простых и объемистых свойствах и закономерностях диаграммы бурения (зависимость углубления долота за оборот δ от удельной нагрузки g), которую одним из первых описал М. Бингхэм, предложивший аппроксимировать ее двумя прямыми. Диаграмма бурения в нашей интерпретации (рис. 1) состоит из линии поверхностного разрушения (*ЛПР*), линии

объемного разрушения (*ЛОР*) и линии замедления (*ЛЗ*). *ЛПР* и *ЛОР* характеризуются угловыми коэффициентами соответственно k_1 и k_2 ($k_1 = \delta_{(g)} / g_{(g)}$; $k_2 = \delta_{(g)} / (g_{(g)} - g_d)$). Продолжение *ЛОР* отсекает отрезок от оси нагрузок в области положительных значений (og_o), называемый условной прочностью породы.

В результате проведенных автором промысловых исследований и анализа или обработки результатов работ перечисленных выше исследователей установлено, что диаграмма бурения отражает в общем виде закон разрушения горных пород и обладает рядом устойчивых свойств и закономерностей (рис. 1):

1. Отношение числовых значений угловых коэффициентов k_2 / k_1 близко к величине 2,5 независимо от свойств разбуриваемых пород, параметров бурового агента, частоты вращения долота и его износа.
2. Величина условной прочности породы g_o не зависит от изменения частоты вращения долота n , с увеличением которой значения угловых коэффициентов k_1 и k_2 уменьшаются.
3. *ЛПР* и *ЛОР* имеют верхние предельные положения, соответствующие малым частотам вращения долота. При этом образуются предельные линии поверхностного и объемного разрушения (*ПЛПР* и *ПЛОР*), характеризующиеся угловыми коэффициентами k_{1np} и k_{2np} . Величину частоты вращения, при которой получены *ПЛПР* и *ПЛОР*, далее будем называть критической $n_{кр}$.
4. Критическая частота вращения $n_{кр}$, по существу, характеризует разбуриваемую породу и условия бурения.
5. Использование долот с другим типом вооружения не влияет на величину условной прочности породы g_o , но уменьшает значения угловых коэффициентов k_1 и k_2 .
6. Увеличение интенсивности гидромониторной промывки забоя в зависимости от гидродинамического давления струи и дифференциального давления приводит к перемещению (уменьшению) g_o к $g_{o,z}$ без существенного изменения величины углового коэффициента k_2 .
7. Увеличение дифференциального давления способствует перемещению (увеличению) g_o к $g_{o,d}$ и уменьшению значений угловых коэффициентов k_1 и k_2 .

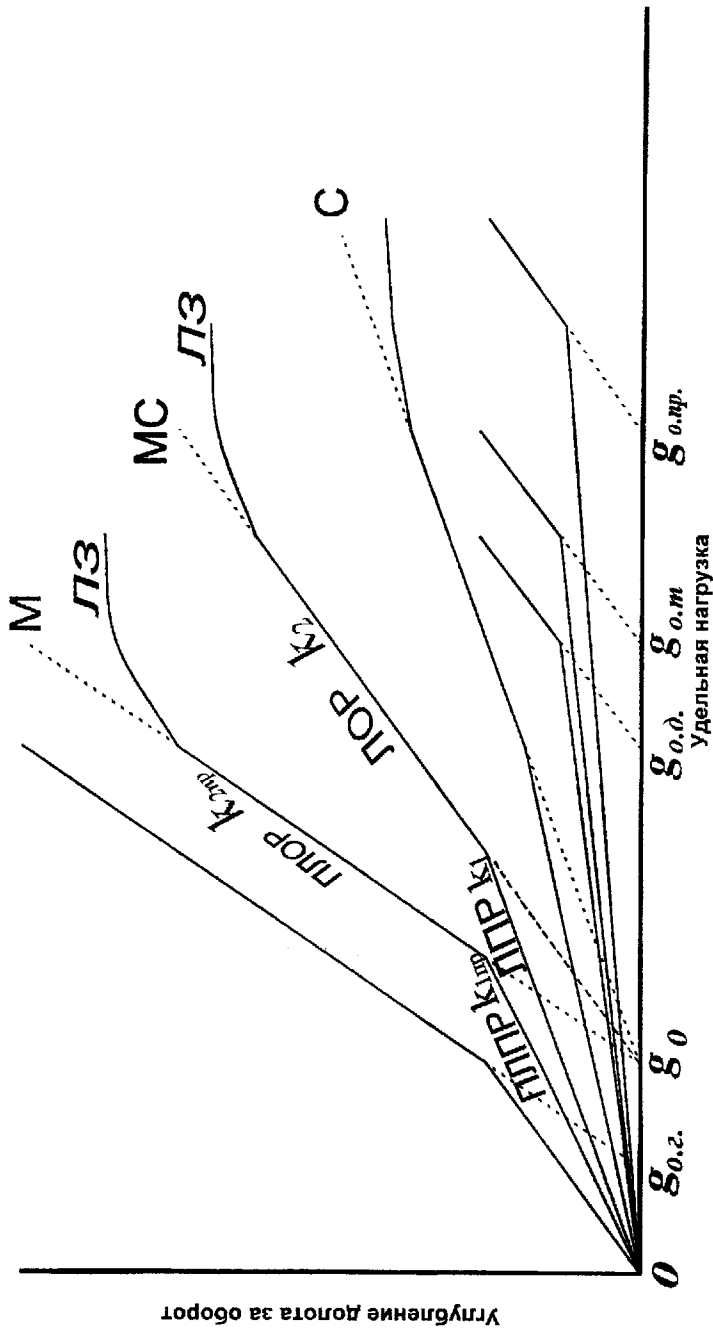


Рис. 1. Обобщенная диаграмма бурения (ЛОР и ЛОР - линии поверхностного и объемного разрушения, характеризуемые угловыми коэффициентами k_1 и k_2 и получаемые при $n > n_{кр}$; ЛЛОР и ЛЛОР - предельные линии поверхностного и объемного разрушения, характеризуемые угловыми коэффициентами $k_{лор}$ и $k_{2лор}$ и получаемые при $n \leq n_{кр}$; ЛЗ - линия замедления; g_o - условная прочность породы; $g_{о.г.}$ - условная прочность породы, обусловленная влиянием гидромониторных струй; $g_{о.д.}$ - текущее положение g_o ; $g_{о.мр.}$ - предельное положение g_o ; $g_{о.г.}$ - условная прочность породы, обусловленная увеличением дифференциального давления; М, МС, С - типы вооружения долота)

8. Износ вооружения долота сопровождается увеличением условной прочности породы g_o и некоторым уменьшением значений угловых коэффициентов k_1 и k_2 , причем отношение $g_{о.мр.}/g_o$ для полностью изношенного вооружения равно величине 2,5 и не зависит от типа долота и свойств породы.

Последнее свойство диаграммы имеет принципиальное значение для моделирования бурения в перемежающихся породах. Если обозначить текущее значение g_o через $g_{о.т.}$, а их отношение $g_{о.т.}/g_o$ через $g_{о.тн.}$ (относительный износ), то при переходе из одной однородной пачки в другую меняется абсолютное значение $g_{о.т.}$, но сохраняется неизменной величина $g_{о.тн.}$. Это означает, что «конструирование» диаграммы бурения для изменившихся условий становится принципиально возможным, поскольку для определения $g_{о.т.}$ для новой пачки достаточно умножить новое значение g_o на $g_{о.тн.}$.

Следовательно, как наличие в разрезе пачек разной буримости, так и их количество и толщина (мощность), перестают быть препятствием для моделирования процесса бурения шарошечными долотами.

Таким образом, условная прочность породы g_o , критическая частота вращения $n_{кр}$ и угловые коэффициенты k_1 и k_2 в достаточной степени характеризуют разрушаемую породу и условия бурения. Перечисленные свойства диаграммы дают возможность количественно описать ее видоизменение во времени, т.е. разработать методику оптимизации параметров режима бурения.

ТРЕТЬЯ ГЛАВА посвящена разработке методики оптимизации режимов бурения, основанной на предложенной П.Ф. Осиповым идее применения диаграммы бурения в качестве методической базы количественного описания процессов разрушения породы шарошечным долотом.

Разрабатываемая методика была реализована в виде математической модели процесса бурения перемежающихся пород, которая в общем виде описывает четыре основных процесса, сопровождающих работу породоразрушающего инструмента на забое (разрушение породы, износ вооружения, износ оныры и очистка забоя от шлама) и основывается на следующих принципиальных положениях:

- процесс разрушения горной породы долотом в полной мере характеризуется количественными изменениями характеристик диаграммы бурения ($g_0, k_1, k_2, n_{кр}$) во времени;
- процесс износа вооружения долота описывается изменением («расходованием») ресурса вооружения во времени;
- количественное описание износа опоры шарошек обеспечивается изменением («расходованием») ресурса опоры во времени;
- моделируемое долбление расчленяется на некоторое количество элементов по времени $t_{(i)}$ ($t_{(i)} = n / 1200$), в течение которых параметры режима бурения принимаются постоянными и условно считается, что долото не изнашивается;
- начисление износов вооружения и опоры осуществляется в конце временных элементов $t_{(i)}$.

Под ресурсом вооружения M_a понимается величина, равная произведению:

$$M_a = g n t,$$

где g - удельная нагрузка на долото, кН/мм; n - частота вращения долота, мин^{-1} ; t - стойкость долота до полного износа вооружения, мин.

Ресурс M_a является одной из технических характеристик конкретного типоразмера долота и не зависит от условий его отработки (параметров режима бурения, промывки и от свойств пород), но которые, однако, влияют на темп его «расходования» во времени.

Ресурс опоры M_{on} также является технической характеристикой долота (как изделия) и определяется как произведение удельной нагрузки на долото, частоты вращения и его стойкости до полного износа опоры.

При таком подходе к оценке износа прогнозирование стойкости сводится к организации процедуры «расходования» через расчет текущего значения ресурса M_m по формуле:

$$M_m = \sum (g_{(i)} n_{(i)} t_{(i)} p_{(i)}),$$

где $p_{(i)}$ - повышающий или понижающий коэффициент, зависящий от условной категории разбуриваемых пород по твердости и абразивности, режима

отработки долота, типа и параметров бурового агента, входящих в него смазывающих добавок, наличия сероводорода, степени очистки.

Очевидно, что текущее значение ресурса M_m в процессе долбления меняется в пределах от нуля до M_{on} (M_a), поскольку при полностью изношенной опоре (вооружении) весь ресурс оказывается полностью израсходованным. Процедура «расходования» ресурса осуществляется следующим образом. За каждый отрезок времени $t_{(i)}$ подсчитывается текущее значение ресурса $M_{m(i)}$, которое прибавляют к сумме предыдущих. Когда в процессе расчетов значение M_m станет равным M_{on} (M_a), то опора (вооружение) выходит из строя и долбление заканчивается.

Значения коэффициента $p_{(i)}$, ресурсов опоры M_{on} и вооружения M_a определяются на основе промыслового материала об отработке долот.

Интенсивность промывки забоя скважины влияет на работу долот по разному:

1. При высоких механических скоростях бурения и несовершенной схеме промывки долот имеет место накопление шлама на забое в виде обновляющейся шламовой подушки, при этом на диаграмме бурения появляется ЛЗ (рис. 1).
2. При механических скоростях бурения, превышающих 10 - 15 м/ч, когда выбуренная порода несколько «утяжеляет» буровой агент в кольцевом пространстве, в ряде случаев, имеет место увеличение дифференциального давления, что сопровождается увеличением g_0 до $g_{0,d}$ (рис. 1) и уменьшением значений угловых коэффициентов k_1 и k_2 .
3. При бурении гидромониторными долотами высоконапорные струи, воздействуя на забой в его периферийной части, обеспечивают в зависимости от гидродинамического давления струи и дифференциального давления появление кратковременной депрессии и обратной фильтрации в породе, что сопровождается уменьшением g_0 до $g_{0,z}$ (рис. 1) без существенного изменения величины углового коэффициента k_2 .
4. При воздействии на забой гидромониторных струй происходит перераспределение нагрузок на зубья и опору долот, в результате чего уменьшается их стойкость. Чем выше разница в условиях разрушения периферийной и централь-

ной частей забоя, тем интенсивнее «расходуется» ресурс (начисляется износ) как вооружения, так и опоры долота за расчетный интервал времени $t_{(i)}$.

Оценка влияния режима промывки на работу долот сводится к количественному описанию вышеуказанных эффектов.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ представлен алгоритм программы, реализующей методику, которая осуществляет автоматизированный поиск оптимальных параметров режима бурения в перемежающихся породах. Блок-схема программы представлена на рис. 2.

Программа состоит из следующих блоков (модулей):

- ввод исходных данных и их обработка;
- оценка влияния режима промывки на работу долота;
- расчет износа вооружения долот с фрезерованными зубьями;
- расчет износа вооружения долот с твердосплавными зубьями;
- расчет износа опоры долота;
- расчет текущих и конечных показателей бурения;
- анализ вариантов долбления и выбор оптимального сочетания типомодели долота и параметров его отработки.

Оптимальные параметры режима углубления скважины и типомодель долота выбираются путем сравнения конечных результатов вариантных расчетных долблений, отличающихся величинами n и g . Для этого выбирается область поиска по частоте вращения ($n_{min} \leq n \leq n_{max}$) и по удельной нагрузке ($g_{min} \leq g \leq g_{max}$) с шагом по n и g . Количество расчетных долблений будет равно произведению числа вариантов по n на число вариантов по g . Если в расчетах участвует несколько типомodelей долот, то общее количество расчетных вариантов соответственно возрастет.

Оптимальный режим бурения выбирается по одному из следующих критериев (по желанию пользователя): минимуму стоимости 1 м бурения; максимуму рейсовой скорости; максимуму проходки на долото; максимуму механической скорости.

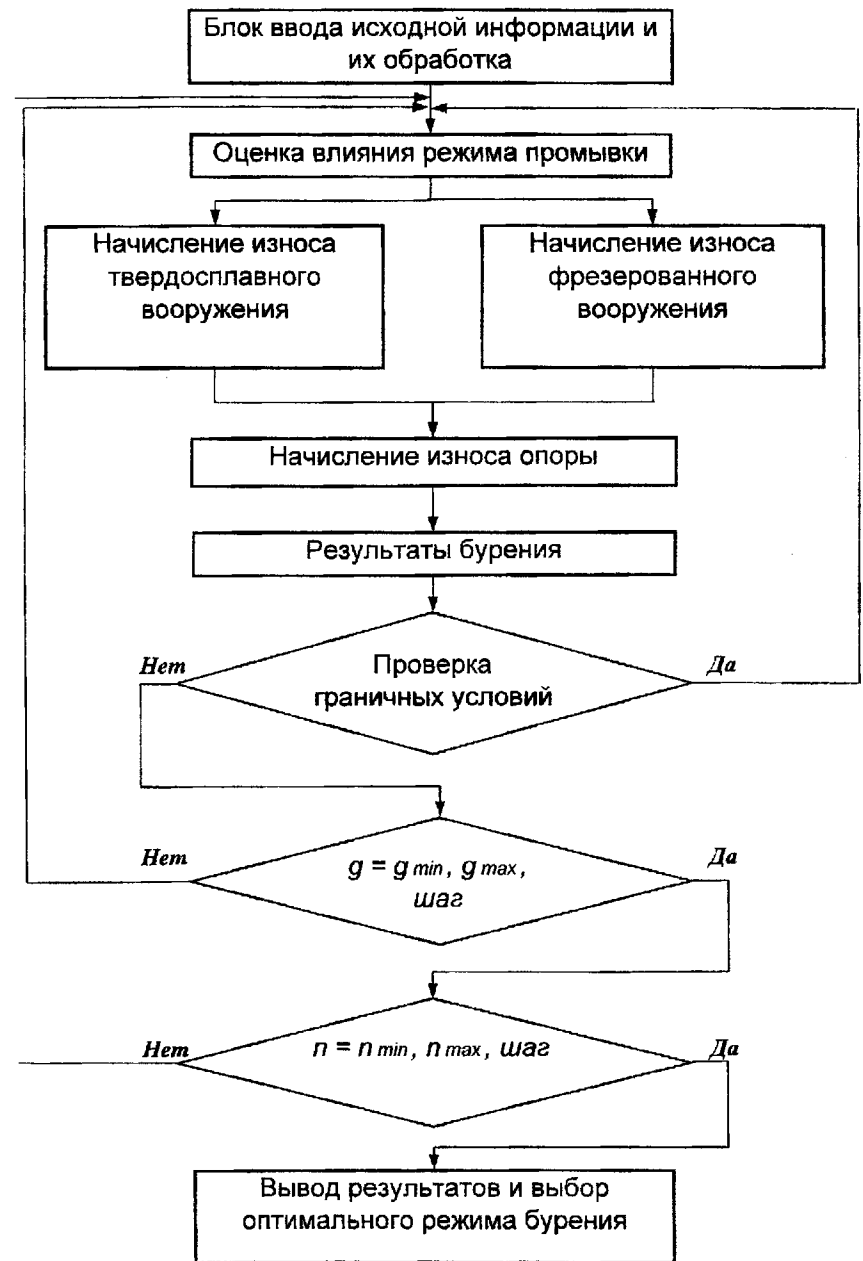


Рис. 2. Блок-схема программы.

Вариант сочетания типомодели долота, n и g , соответствующий экстремуму выбранного критерия, будет близким к оптимальному. Дело в том, что шаг поиска может оказаться слишком большим, и истинно оптимальный вариант, скорее всего, будет находиться внутри шага по n или g . Поэтому есть смысл в окрестностях найденного частного оптимума поискать истинный, уменьшив шаг поиска в ту и другую сторону в два и более раз как по n , так и по g .

В реальном масштабе времени такая задача может быть решена только с помощью ПЭВМ.

Следует отметить, что программа позволяет моделировать работу не выпускаемых серийно (опытных) долот, что обеспечивается введением соответствующих значений ресурсов вооружения и опоры, т.е. появляется возможность обоснования направлений проектирования новых моделей долот.

Структура программы не исключает развития ее в сторону повышения точности расчета (моделирования), например, путем введения режима учета резонансных колебаний буровой колонны и их отсева из общего набора решений.

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ исследованы и обозначены три варианта информационного обеспечения программы оптимизации параметров режима бурения:

1. На основе определения характеристик диаграммы бурения ($g_o, k_1, k_2, n_{кр}$) путем проведения тестовых экспериментов в процессе отработки долота (наивысший по достоверности уровень информационного обеспечения).

2. На основе определения δ и усредненного углового коэффициента k_{cp} по данным механического каротажа (средний по достоверности уровень информационного обеспечения).

3. На основе средних значений δ_{cp} и k_{cp} за долбление, найденных в результате обработки промысловых данных о работе долот на площади или месторождении (низкий по достоверности уровень информационного обеспечения).

Первый вариант наиболее надежен и достоверен. Поэтому в настоящей главе подробно описана методика проведения промысловых исследований с целью получения основных характеристик диаграммы бурения.

Информацию о горных породах, получаемую на основе механического каротажа с фиксируемой проходкой не более 1 м, трудно назвать идеальной, но она позволяет с относительно высокой степенью вероятности оценить величины угловых коэффициентов k_1 и k_2 и весьма ориентировочно - g_o и $n_{кр}$.

Информативная ценность третьего варианта существенно меньше, поэтому для определения k_{cp} целесообразно пользоваться результатами работы долота за вахту. В результате этого долбление будет расчленено на части, и достоверность k_{cp} заметно увеличится.

Усредненный коэффициент k_{cp} , определяемый на основании механического каротажа или результатов долбления за вахту, взаимосвязан с k_1 и k_2 . Разработана методика приближенного определения угловых коэффициентов k_1 и k_2 через k_{cp} в зависимости от условной категории пород по твердости, типа вооружения долота (твердосплавное и фрезерованное) и степени его износа. Правильность методики подтверждена результатами исследований автора при проводке скв. 31, 32, 34-Восточная Возейю и скв. 50-Восточная Уса.

В данной главе также представлены определенные с помощью стандартных методов математической статистики нормативные значения ресурсов опор и вооружения шарошечных долот. На основании анализа и обработки результатов бурения 16 площадей Усинского района и Ненецкого автономного округа установлена количественная зависимость ресурсов опор и вооружения от режима отработки долота, категории разбуриваемых пород по твердости и абразивности, типа и параметров бурового агента (глинистый, полимерный и раствор на нефтяной основе), входящих в него смазывающих добавок, степени очистки, наличия сероводорода.

В ШЕСТОЙ ГЛАВЕ представлены результаты проведенных автором промысловых исследований на скв. 31, 32, 34-Вост. Возейю и скв. 50-Вост. Уса в период с 1992 по 1996 г.г. в АООТ «Усинскгеонефть». Всего было получено 69 диаграмм бурения, часть из которых представлена на рис. 3 - 5. Полученные характеристики диаграммы бурения использовались для моделирования работы долот и оптимизации режимов их отработки по минимуму стоимости 1 м про-

ходки. В результате проведенных расчетов составлены регламенты на бурение поисковой скв. 32-Вост. Возейю и разведочной скв. 50-Вост. Уса. Результаты внедрения оптимальных режимов бурения на скв. 50-Вост. Уса представлены в табл. 1.

Табл.

Технико-экономические показатели расчетных (оптимальных) и фактических (реализованных) режимов бурения на скв. 50-Восточная Уса

Типоразмер долота	Режим бурения		Интервал, бурения, м	Технико-экономические показатели			
	G, кН	n, мин ⁻¹		расчетные		фактические	
				V _p , м/ч	C _м , руб	V _p , м/ч	C _м , руб
295,3 М-ГВ-4Ш	240	120	800-948	8,0	21,78	7,7	22,70
295,3 М-ГВ-4Ш	240	120	948-1098	7,8	22,44	7,7	22,73
295,3 М-ГВ-4Ш	240	120	1098-1243	7,4	23,87	7,8	22,67
295,3 М-ГВ-4Ш	240	90-120	1243-1377	5,8	22,94	5,4	24,30
295,3 М-ГВ-4Ш	240	90	1377-1497	4,2	30,05	4,3	32,19
295,3 М-ГВ-4Ш	240	90	1497-1622	4,1	31,23	4,2	31,30
295,3 М-ГВ-4Ш	240	90	1622-1751	4,0	33,20	4,1	30,41
295,3 М-ГВ-4Ш	240	90	1751-1830	3,2	41,08	3,1	42,30
295,3 СЗ-ГНУ R23	240	90	1830-1964	2,6	56,22	2,5	57,66
295,3 СЗ-ГНУ R23	240	90	1964-2105	2,6	56,46	2,4	58,30
295,3 СЗ-ГВ	240	90	2105-2212	2,4	60,77	2,5	59,94
295,3 СЗ-ГВ	240	90	2212-2283	2,3	66,69	2,2	70,97
295,3 СЗ-ГНУ R23	240	90	2283-2428	2,5	58,65	2,3	59,69
295,3 СЗ-ГНУ R23	240	90	2428-2558	2,4	59,75	2,5	57,30
295,3 СЗ-ГНУ R23	240	90	2558-2682	2,3	62,41	2,4	60,55
295,3 СЗ-ГНУ R23	240	90	2682-2766	2,4	61,83	2,3	68,41
215,9 СЗ-ГНУ R19	200	70	2797-2823 2831-2862	1,7	83,27	1,5	97,31
215,9 СЗ-ГАУ R53	200	70	2876-2993 3007-3080	1,7	77,75	1,6	83,93
215,9 СЗ-ГАУ R53	200	70	3085-3324	1,7	79,97	1,7	80,20
215,9 СЗ-ГАУ R53	200	70	3324-3393 3400-3540	1,7	80,77	1,6	82,60
215,9 СЗ-ГАУ R53	200	70	3545-3643 3649-3696	1,7	77,79	1,5	88,34
215,9 С-ГНУ	200	70	3710-3792	1,3	100,12	1,2	106,40
215,9 СЗ-ГАУ R53	200	70	3807-3935	1,3	88,79	1,2	95,09
215,9 СЗ-ГАУ R53	200	70	3940-4096	1,3	91,10	1,3	89,90
В среднем				2,3	59,56	2,3	60,14

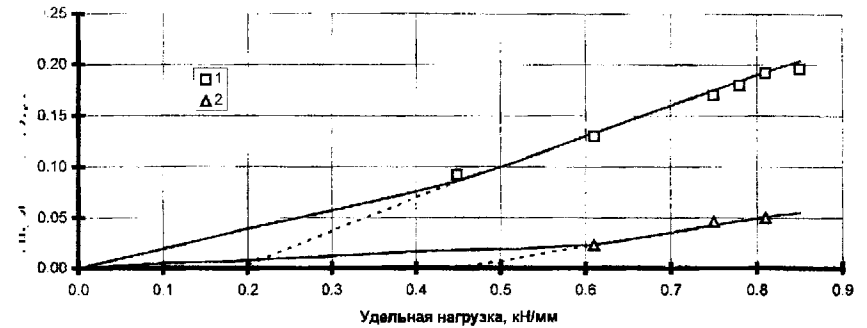


рис. 3. Диаграмма бурения (скв. 34-Восточная Возейю; интервал 1912-2035 м; долото: 295,3 МСЗ-ГНУ R37; насадки: 13*13*13; износ ВЗПЗК2; Q = 0,026 м³/с; n = 80 мин⁻¹): 1 - интервал 1913-1914,2 м; 2 - интервал 2025-2025,6 м.

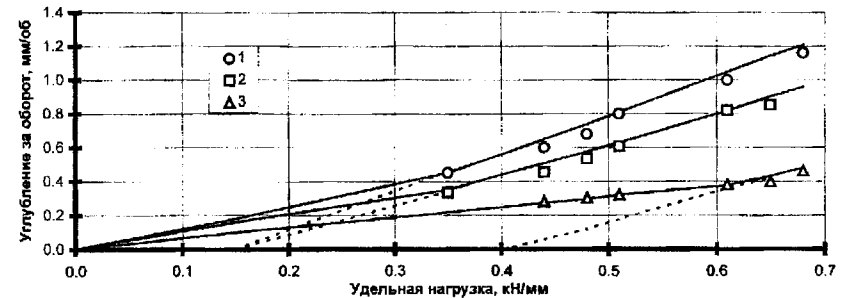


рис. 4. Диаграмма бурения (скв. 31-Восточная Возейю; интервал 1624-1726 м; долото: 295,3 СЗ-ГНУ R23; насадки: 12*12*15; износ ВЗПЗД1; Q = 0,026 м³/с; n = 70 мин⁻¹): 1 - интервал 1650-1655,3 м; n = 70 мин⁻¹; 2 - интервал 1655,3-1659,8 м; n = 90 мин⁻¹; 3 - интервал 1716-1718,7 м; n = 70 мин⁻¹.

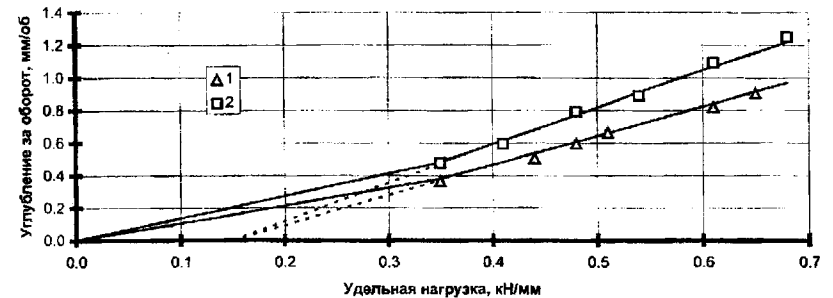


рис. 5. Диаграмма бурения (скв. 31-Восточная Возейю; интервал 1506-1719 м; n=90 мин⁻¹): 1 - долото 295,3 СЗ-ГНУ R23; интервал 1655-1660 м; 2 - долото 295,3 М-ГВ; интервал 1590-1594 м.

Анализ результатов применения программы оптимизации на скв. 32-Вост. Возейю и скв. 50-Вост. Уса показал, что расхождение расчетных показателей стоимости 1 м проходки и рейсовой скорости от реализованных (фактических) не превысило 14,5 и 13,0 % соответственно. В результате внедрения регламентов на скв. 32-Вост. Возейю и скв. 50-Вост. Уса получен экономический эффект в размере 162 152 и 222 840 руб. соответственно (в ценах 1984 г.).

Проанализированы технико-экономические показатели строительства скважин АОФТ «Усинскгеонефть» (ранее УНГРЭ) за период с 1982 по 1995 г.г. Установлено, что природно-климатические условия Крайнего Севера и сезонность оказывают существенное влияние на скорости бурения, надежность работы бурового оборудования и производительность труда буровых бригад. Однако, это влияние не учитывается при планировании долбления. Поэтому в работе предлагается методика подготовки исходных данных для моделирования процесса бурения в зимних условиях, включающая дополнительное время на выполненные спуско-подъемных операций, проведение вспомогательных и ремонтных работ, вынужденные технологические простои. Проведенное моделирование процесса бурения в зимний (с учетом дополнительного времени) и летний периоды года показало, что зимой необходимо использовать «специальный» режим бурения, характеризующийся пониженными значениями нагрузки и частоты вращения (по сравнению с «летним» режимом).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установлено, что диаграмма бурения отражает в общем виде закон разрушения горных пород шарошечными долотами и обладает рядом устойчивых свойств и закономерностей:

- Величина условной прочности породы g_o не зависит от изменения частоты вращения долота, с увеличением которой значения угловых коэффициентов k_1 и k_2 уменьшаются по единому для всех пород закону.

- Линии поверхностного и объемного разрушения (*ЛПР* и *ЛОР*) имеют верхние предельные положения, соответствующие критической частоте вращения долота $n_{кр}$ и применению долот типа *М*.

- Критическая частота вращения долота $n_{кр}$ характеризует разбуриваемую породу и условия бурения.

- Переход на другой тип вооружения не влияет на величину условной прочности породы g_o , но уменьшает значения угловых коэффициентов k_1 и k_2 .

- Увеличение интенсивности гидромониторной промывки забоя в зависимости от гидродинамического давления струи и дифференциального давления приводит к уменьшению условной прочности породы g_o без существенного изменения величины углового коэффициента k_2 .

- Увеличение дифференциального давления способствует увеличению условной прочности породы g_o и уменьшению значений угловых коэффициентов k_1 и k_2 .

- Износ вооружения долота сопровождается увеличением условной прочности породы g_o и некоторым уменьшением величин угловых коэффициентов k_1 и k_2 , причем отношение $g_{o,изп} / g_o$ для полностью изношенного по вооружению долота почти постоянно равно величине 2,5 и не зависит от типа долота и свойств породы.

- Отношение числовых значений угловых коэффициентов k_2 / k_1 численно равно 2,5.

Перечисленные свойства и закономерности диаграммы бурения могут служить методической основой для разработки методики оптимизации параметров режима бурения, в том числе перемежающихся пород.

2. По промысловым данным установлены нормативные значения ресурсов вооружения и опоры различных типоразмеров долот и заводов-изготовителей. Полученные значения ресурсов, определяемых с помощью принципиально новой методики как произведение удельной нагрузки, частоты вращения и стойкости, следовало бы записывать в паспорт долота для оценки потенциальных возможностей шарошечных долот и прогнозирования их стойкости.

3. По фактическим результатам бурения установлены количественные зависимости ресурсов опоры и вооружения долота от режима его отработки, твердости и абразивности разбуриваемых пород, типа и параметров бурового агента,

входящих в него смазочных добавок, степени очистки, присутствия сероводорода. Используя эти зависимости, с помощью разработанной методики «расходования» ресурсов опор и вооружения можно с достаточной точностью прогнозировать износ шарошечных долот в различных геолого-технических условиях.

4. На основе установленных свойств и закономерностей диаграммы бурения (п.1) разработана новая методика оптимизации параметров режима бурения, реализованная в виде математической модели процесса отработки долота в перемежающихся породах. Для реализации математической модели составлены алгоритм и компьютерная программа, испытание которой в промысловых условиях показало, что расхождение по технико-экономическим показателям при фактических и оптимизированных режимах бурения по рейсовой скорости и стоимости 1 м бурения составляет не более 13,0 и 14,5 % соответственно.

5. Установлено, что климат Крайнего Севера и сезонность оказывают значительное влияние на технико-экономические показатели долбления и выбор оптимального режима бурения. С помощью разработанной методики подготовки исходных данных при моделировании влияния особенностей бурения в условиях Крайнего Севера установлено, что в зимний период (по сравнению с летним) необходимо применять «специальный» режим бурения, характеризующийся пониженными значениями нагрузки и частоты вращения.

6. Внедрение оптимальных режимов бурения на скв. 32-Вост. Возейю и скв. 50-Вост. Уса обеспечило достижение экономического эффекта в размере 162 152 и 222 840 руб. соответственно (в ценах 1984г.).

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Каменских С.В., Логачев Ю.Л., Осипов П.Ф. Совершенствование режимов бурения на площадях Восточная Возейю и Кыртаель с использованием методов математического моделирования // НТЖ: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и море».- М.: ВНИИОЭНГ, 1994, № 11-12.- С. 6-8.

2. Каменских С.В., Логачев Ю.Л., Осипов П.Ф. Математическое моделирование отработки долот (на примере Восточно-Возейюской площади) // Тезисы докладов конференции, посвященной 35-летию Севернипгаза: «Проблемы раз-

вития газодобывающей и газотранспортной систем отрасли и их роль в энергетике северо-западного региона России».- Ухта: Севернипгаз, 1995.- С. 54-56.

3. Каменских С.В., Осипов П.Ф., Волкова И.И. Моторесурс опоры шарошечных долот // НТЖ: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море».- М.: ВНИИОЭНГ, 1996, № 4.- С. 7-9.

4. Каменских С.В., Осипов П.Ф. Моделирование износа вооружения шарошечных долот // СНТ: «Проблемы освоения природных ресурсов Европейского Севера».- Ухта: УИИ, 1996, вып. 2.- С. 127-129.

5. Абрамов В.М., Буслаев В.Ф., Каменских С.В. Проводка опорно-технологических скважин в условиях севера роторным и турбинным способами бурения // НТЖ: «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море».- М.: ВНИИОЭНГ, 1996.- № 5-6.- С. 2-6.

6. Каменских С.В. Влияние сезонности на темпы строительства скважин в суровых климатических условиях Севера // СНТ.- Ухта: УИИ, 1997, вып. 3.- С. 28-32.

7. Осипов П.Ф., Каменских С.В., Логачев Ю.Л. Модель оптимизации режимов бурения шарошечными долотами // СНТ.- Ухта: УИИ, 1997, вып. 3.- С. 47-53.

8. Каменских С.В., Осипов П.Ф., Логачев Ю.Л. Математическая модель оптимизации режимов бурения // Тезисы докладов Международной конференции-семинара имени Д.Г. Успенского: «Проблемы освоения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции».- Ухта: УИИ, 1998.- С. 77.

9. Осипов П.Ф., Каменских С.В., Логачев Ю.Л. Опыт моделирования бурения гидромониторными шарошечными долотами неоднородных пород.- Ярославль, 1998.- 8 с.- Деп. в ВИНИТИ 20.03.98, № 832-В98.

Соискатель

Жал

С.В. Каменских