

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ  
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

---

*На правах рукописи*

**АЛ-НАХАРИ ТАВФИК АЛИ АХМЕД**

**РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ОСНОВ  
МИНИМИЗАЦИИ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЙ В  
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ**

**Специальность:** 2523.01– «Технология бурения скважин»

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии по технике

**БАКУ – 2017**

Работа выполнена в Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. **А.М. Мамедтагизаде**

**Официальные  
оппоненты:** д.т.н., проф. **И.Я. Ширали**  
к.т.н., доцент **Ф.А. Ахундов**

**Ведущее предприятие:** **НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»**

Защита состоится « 12 » мая 2017 г. в 11<sup>00</sup> часов на заседании Диссертационного Совета D.02.141 при Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности по адресу: AZ1010, г. Баку, пр. Азадлыг, 34, АГУНП.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности

Автореферат разослан «      »                      2017 г.

**Ученый секретарь,  
диссертационного Совета D 02.141,  
доктор философии по технике,  
доцент**

**А.В. Мамедов**

## ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Расширение объемов бурения наклонных скважин, позволяющих наиболее экономичнее разбуривать месторождения, обуславливает необходимость дальнейшего совершенствования теории и практики, техники и технологии бурения этих скважин.

В то же время бурение наклонных скважин, особенно с большими глубинами и отклонениями от вертикали, выдвигает ряд технических и технологических проблем, которые в большинстве своем связаны с преодолением больших сил сопротивления, возникающих как при спускоподъемных операциях, так и в процессе вращения и перемещения бурильного инструмента в стволе скважины.

Силы сопротивления при бурении скважины создают ряд трудностей и осложнений, преодоление которых приводит к значительным затратам времени и средств.

Так рост сопротивлений в наклонных скважинах приводит к увеличению нагрузки на подъемную установку буровой, что вызывает интенсивный ее износ, повышенный расход энергии на спускоподъемные операции и затраты мощности на движение бурильного инструмента; затрудняет ориентирование отклонителя на забое скважины, ухудшает возможность передачи и контроля требуемой осевой нагрузки на долото, приводит к интенсивному износу бурильных и обсадных труб, ухудшает общее состояние ствола скважины. Все это в комплексе приводит к посадкам, затяжкам и прихватам бурильных и обсадных колонн, а также является причиной ряда других отрицательных явлений, возникающих не только в период бурения, но и в период эксплуатации скважин глубинно насосными установками, продолжительность которого в несколько раз превышает период бурения скважин.

Исходя из вышеизложенного, следует отметить, что исследование сил сопротивления и поиск путей по их минимизации является весьма актуальной проблемой.

Одним из основных направлений в решении поставленной задачи является расчет оптимального профиля наклонно-направленной скважины с минимальными силами сопротивления.

**Цель работы.** Минимизация сил сопротивлений при бурении наклонных и горизонтальных скважин на основе разработки новых методов и технологий.

### **Основные задачи исследований:**

1. Исследование математических методов для оценки параметров сил сопротивления при решении задач нелинейной оптимизации в процессе моделирования параметров сил сопротивления

2. Исследование влияния конфигурации профиля на распределение прижимающих усилий по стволу наклонных и горизонтальных скважин и доведение осевой нагрузки на долото.

3. Разработка методики расчета оптимальных профилей с минимальными силами сопротивления.

4. Исследование вопросов уменьшения сил сопротивлений и критических сил синусоидального и спирального изгиба, возникающих при бурении горизонтальных скважин.

**Методы решения поставленных задач.** Для решения поставленных задач использованы методы математической статистики, математического программирования и теория оптимального управления с использованием компьютерных программ.

### **Научная новизна:**

1. Предложена методика оценка параметров сил сопротивления из условия минимума выведенного функционала по алгоритму Марквардта.

2. Разработана методика расчета прижимающих сил с помощью совместного решения системы полученных в работе дифференциальных уравнений.

3. Разработана методика расчета оптимальных профилей наклонных скважин по критерию минимума сил сопротивления, которая обеспечивает комплексное рассмотрение вопросов бурения, эксплуатации и разработки.

4. Разработаны практические рекомендации по минимизации значений сил сопротивления при бурении отдельных участков горизонтальной скважины.

### **Основные защищаемые положения**

- методика оценки параметров сил сопротивления;
- методика расчета прижимающих сил с помощью совместного решения системы дифференциальных уравнений;
- методика расчета оптимальных профилей наклонных скважин по критерию минимума сил сопротивления;
- принципы выбора рациональной компоновки низа буровой колонны с целью минимизации значений сил сопротивления в горизонтальной скважине.

### **Практическая ценность и внедрение результатов работы.**

Проведенные исследования и разработки имеют важное практическое значение. Результатом диссертационной работы явилось создание новой методики по расчету оптимального профиля с минимальными силами сопротивления, которая позволяет снизить затраты энергии на спускоподъемные операции и затраты мощности на вращение бурильной колонны, создать благоприятные условия для рационального использования мощности буровой установки, улучшить плавное доведение заданной осевой нагрузки на долото, уменьшить износ бурильных и обсадных труб, а также улучшить общее состояние ствола скважины, уменьшающее возникновение таких нежелательных явлений как прихват, желобообразование, затяжки и посадки бурильного инструмента.

Полученная оптимальная траектория оси наклонной скважины с минимальными силами сопротивления позволит также с наименьшими затратами рационально эксплуатировать глубинно-насосную установку в период добычи.

Полученные в результате математической обработки промысловых данных конкретные значения коэффициентов трения и удельных сил адгезии при перемещении бурильной колонны в обсаженном и открытом стволе скважины могут быть использованы при проектировании технико-технологических режимов проводки наклонных скважин. При бурении горизонтальных скважин с большими отклонениями от вертикали рекомендуется стремиться соблюдать условие плавучести компоновки и бурильной колонны в стволе скважины, особенно на горизонтальных участках; снижать коэффициент сопротивления движению бурильной колонны в стволе, за счёт подбора соответствующей рецептуры и реологии бурового раствора; исключать, насколько это возможно, потерю бурильной колонной продольной устойчивости в стволе скважины за счет устранения эффекта изгиба («баклинга»).

**Личный вклад автора в выполнение диссертационной работы.** Автором принято участие в постановке темы диссертационной работы и формулировке основных задач исследований. Автором самостоятельно выполнен анализ накопленного в рассматриваемой области опыта, разработаны и научно обоснованы основные положения и принципы методики оценки параметров сил сопротивления исходя из условий их минимизации, разработаны алгоритмы и созданы рабочие программы для программного обеспечения, разработаны

практические рекомендации по минимизации значений сил сопротивления при бурении отдельных участков горизонтальной скважины

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научно - технических конференциях:

- XV Международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2014», Ухта - 2014

- Научно-практической конференции “XƏZƏRNEFTQAZ-YATAQ”, Баку – 2014

- XIX Республиканской научной конференции докторантов и молодых исследователей, Баку – 2015.

- XVI Международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2015», Ухта – 2015

- XII Международной Научно-практической конференции «Ашировские чтения», Самара - 2015

Основные положения диссертации вошли в научные отчеты кафедры «Нефтегазовая инженерия» АГУНП.

**Публикации.** Основные материалы диссертационной работы опубликованы в 10 печатных работах, в том числе в 5 статьях, в 5 материалах научно-технических конференций.

**Объем и структура работы.** Работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, изложенных на 128 страницах текста в редакторе MS Word, содержит 31 рисунок, 6 таблиц, список использованных источников из 88 наименований.

Диссертация является результатом научно-исследовательских работ, выполненных на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» АГНА и НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия». Работа базируется на теоретических и практических исследованиях отечественных и зарубежных специалистов, а также на разработках выполненных лично автором.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю доктору технических наук, профессору А.М. Мамедтагизаде за ценные советы и помощь при подготовке диссертационной работы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность проблемы, которой посвящена диссертационная работа, определена цель работы, поставлены задачи исследований, выбраны методы их решения, сформулированы научная новизна, основные защищаемые положения и практическая ценность результатов работы.

**В первой главе** рассмотрены проблемы, связанные с возникновением сил сопротивления на границе контакта глубинного оборудования со стенками ствола скважины наклонных и горизонтальных скважин с большими отклонениями от вертикали. С ростом глубины скважины и ее отклонения от вертикали усложняются условия бурения, связанные с трением буровой колонны в стволе скважины.

Наиболее полно вопросы, связанные с определением силы сопротивления, возникающей в искривленной скважине, были исследованы в работах как отечественных (М. П. Гулизаде, Гайдаев Ю.Ш., Аскеров М.Ю., Сакович Э.С., К.Б.Шахбазбеков, Д.М. Махмудов, В.О. Рапопорт, Л.Я. Сушон, М.Л. Кисельман и др.), так и зарубежных (М. М. Александров, С.В. Любимова, Ю.А. Песляк, А.С. Поваляхин, Г. Вудс, А. Лубинский, С.Д. Джоши и др.) исследователей.

В ходе проведенных исследований было установлено, что необходимо создание методики проектирования профиля наклонной скважины с минимальными силами сопротивления, обеспечивающей комплексное рассмотрение вопросов бурения и эксплуатации, с учетом технико-технологических ограничений. С целью успешного функционирования данной методики необходимо определить по промысловым данным значения коэффициента трения и силы адгезии при перемещении буровой колонны в стволе наклонной скважины. В случае же применения ориентируемых КНБК для реализации проектного профиля в заданном азимуте, а также для коррекции фактического участка профиля при несовпадении его с проектным, необходима методика определения угла закручивания буровой колонны от реактивного момента забойного двигателя в пространственно искривленной скважине.

Резюмируя вышеизложенное, отметим, что проведенный критический обзор выполненных работ показал отсутствие комплексного подхода к выбору оптимального профиля наклонной скважины и

выбору рациональной компоновки низа бурильной колонны с целью минимизации значений сил сопротивления в горизонтальной скважине.

**Во второй главе** рассматриваются вопросы определения коэффициента трения и удельной силы адгезии при различных движениях колонны труб в стволе скважины

Бурение наклонных скважин выдвигает ряд проблем, одной из которых является умение правильно оценить силы сопротивления движению колонны труб в стволе скважины, с целью их преодоления и учета. Учет этих сил важен для решения различных технико-технологических задач как в период бурения скважин (выбор бурового оборудования, бурильных и обсадных труб, оптимального профиля скважины, определение угла закручивания бурильных труб от реактивного момента забойного двигателя, доведение заданной осевой нагрузки на долото, проходимость обсадных колонн и измерительных приборов и т.д.), так и в период эксплуатации скважин глубинными механизмами.

Для решения вышеперечисленных задач необходимо знание численного значения коэффициента трения и сил адгезии при движении бурильной колонны в стволе скважины (продольном перемещении и при вращении).

В работе предложено коэффициенты трения бурильного инструмента (турбобур, УБТ и бурильные трубы) о стенки ствола скважины и обсадную колонну, а также удельные силы адгезии для перечисленных выше элементов бурильной колонны определять из условия минимума следующего функционала:

$$\min_{\omega_j \in \Omega_j} \Phi = \sum_{i=1}^n [T_i - \bar{T}_i(\omega, S_i)]^2 \quad (1)$$

где  $i = 1, \dots, n$ ;

$n$  - количество замеров (показаний ГИВ) натяжений на неподвижном конце каната;

$\omega_j$  -  $i$ -й оцениваемый параметр (коэффициент трения или удельная сила адгезии) для конкретного элемента бурильного инструмента (забойный двигатель, секции УБТ и бурильных труб) в открытом или обсаженном стволе скважины;

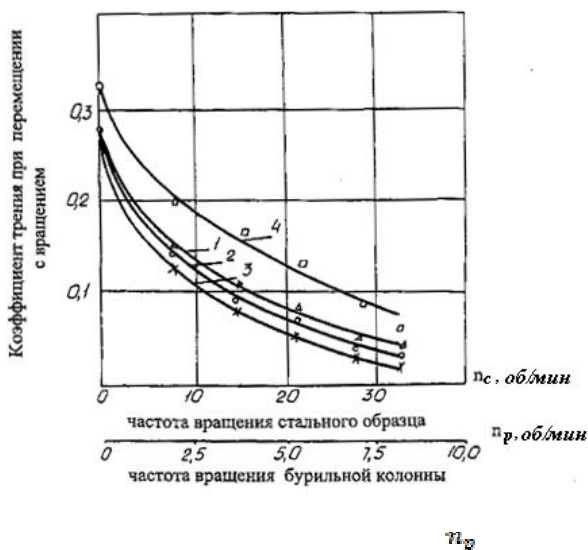
$\Omega_j$  - допустимая область поиска, отыскиваемого  $i$ -го параметра;



$n$  - число оцениваемых параметров.

Областью поиска допустимых значений оцениваемых параметров являются положительные вещественные числа, причем для коэффициентов трения она заключена в отрезке:  $0 < \omega_j < 1$ .

В работе были исследованы различные методы оптимизации: Ньютона, Ньютона-Гаусса, Тейлора, Хартли, градиентный. Из рассматриваемого класса методов оптимизации был выбран наиболее эффективный для определения оценок параметров сопротивления из условия минимума функционала (1) алгоритм Марквардта. На основе этого метода были разработаны следующие методики определения коэффициента трения и удельной силы адгезии: при продольном перемещении бурильной колонны в стволе наклонной скважины; при вращении бурильной колонны в стволе наклонной скважины по промысловым данным. Были проведены исследования влияния вращения на коэффициент трения при перемещении бурильной колонны вдоль ствола скважины (рис. 1).



$n_c$  - частота вращения стального образца ( $d_{ст} = 36$  мм);

- частота

вращения бурильной колонны ( $d_{бк} = 140$  мм).

1 - трение в утяжеленном растворе  $\mu = 1600 \text{ кг/м}^3$ ; - трение в воде  $\mu = 1000 \text{ кг/м}^3$ ; 3- трение в глинистом растворе  $\mu = 1300 \text{ кг/м}^3$ ; 4 - сухое трение.

Рис.1. Изменение коэффициента трения при продольном перемещении вращающейся колонны труб в стволе наклонной скважины в зависимости от частоты вращения

**В третьей главе** исследовано взаимодействие бурильного инструмента со стволом наклонной скважины.

Углубление скважины связано со взаимодействием со стенкой ствола скважины компоновки низа бурильной колонны, самой бурильной колонны, а также спускаемых в скважину различных устройств, аппаратов, приборов и обсадной колонны. Возникающая в результате этого взаимодействия сила сопротивления зависит от траектории ствола скважины, геометрических и весовых характеристик спускаемого инструмента. При этом форма траектории ствола скважины значительно влияет на технические возможности и технико-экономические показатели бурения скважины в целом.

Это связано с тем, что осложнения и аварии, возникающие при бурении и эксплуатации скважин, являются результатом их интенсивного искривления в интервалах большой протяженности, т.е. следствием некачественной траектории скважины. Сюда относятся: желобообразование, протирание обсадных колонн, зависание бурильного инструмента, увеличение момента на вращение бурильной колонны и силы ее подъема, трудности с передачей заданной осевой нагрузки на долото, повышенный износ бурильной колонны, усложняется процесс ориентирования отклоняющих компоновок, поскольку скручивание бурильной колонны реактивным моментом забойного двигателя не полностью доходит до устья скважины и другое.

Убытки и дополнительные расходы вследствие указанных осложнений в целом составляют значительную долю всех затрат на бурение наклонной скважины.

В связи с этим были проведены исследования влияния различных по форме профилей скважин на силы сопротивления при подъеме и спуске бурильного инструмента, распределение прижимающих усилий по длине колонны, в зависимости от которого можно выявить места наиболее подверженные износу бурильных, обсадных труб и интервалы желобообразования, а также определить действительную осевую нагрузку на долото и положение ориентируемой компоновки

в скважине и под действием реактивного момента забойного двигателя.

На основании проведенного исследования профилей, рассчитываемых по минимуму стоимости на бурение и крепление, характерными чертами которых являются высокие темпы изменения зенитных углов на участках набора и спада, большие силы сопротивления в процессе спускоподъемных операций, трудности в регулировании осевой нагрузки на долото, можно сделать вывод, что реализация таких профилей может привести к различным видам аварий и осложнений.

Следовательно, наиболее целесообразным, с точки зрения удовлетворения условий бурения и эксплуатации скважины, является профиль, силы сопротивления в котором минимальны.

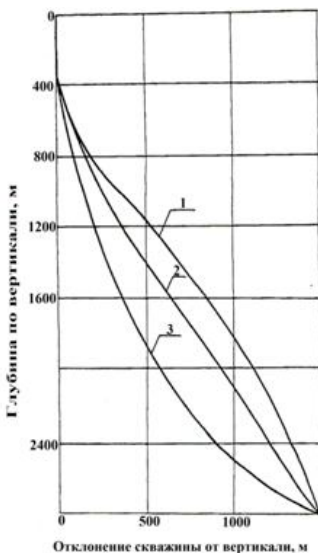
Несмотря на многообразие различных по типам профилей наклонных скважин, большинство из них включают участок набора зенитного угла, реализуемыми ориентируемыми компоновками. В настоящее время ориентируемые КНБК являются единственно надежными компоновками для исправления траектории ствола скважины и при резках второго ствола. Необходимо отметить, что ориентируемые КНБК (компоновка низа бурильной колонны) незаменимы при бурении глубоких наклонных скважин с отклонениями от вертикали не превышающими 600 м, когда первоначальную резку вынуждены осуществлять на большой глубине. В таких случаях ствол скважины к моменту резки представляет собой непрерывно варьирующую кривую, что усложняет ориентировку отклонителя на забое, вследствие больших сил сопротивления.

Как известно, необходимое изменение зенитного угла и азимута при резке ствола и корректировании трассы скважины осуществляется ориентируемыми КНБК путем соответствующей установки отклонителя в требуемое положение.

В работе предложена методика, которая позволяет определить угол закручивания бурильной колонны в пространственно искривленной колонне с учетом режимных параметров (осевая нагрузка, количество прокачиваемой жидкости).

На основе предложенной методики расчета оптимальных профилей наклонных скважин по критерию минимума сил сопротивления, которая обеспечивает комплексное рассмотрение вопросов бурения, эксплуатации и разработки, была создана компьютерная программа.

С ее помощью были рассчитаны оптимальные профили наклонных скважин и проведены исследования влияния различных ти-



пов профилей скважин на распределение прижимающих сил (рис.2).

1,2,3 - оптимальные профили наклонных скважин соответственно для значений забойного угла  $\alpha_{\text{з}}$  = 20°, 40°, 70°

Рис. 2. Оптимальные профили наклонных скважин по критерию минимума сил сопротивления

На рис. 3 и 4 представлены эпюры распределения прижимающих сил по длине буровой колонны для профилей 1, 2, 3 (рис. 2).

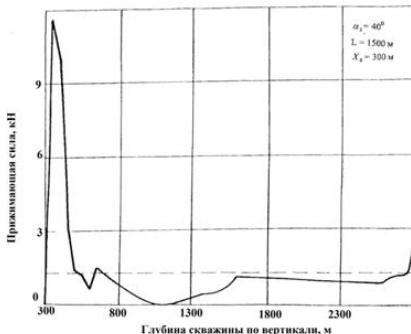
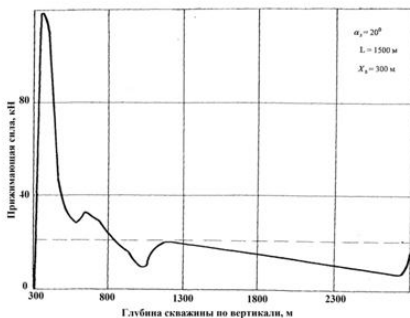


Рис. 3. Эпюры распределения прижимающих сил от глубины скважины по вертикали для оптимальных профилей 1, 2 (рис. 2).

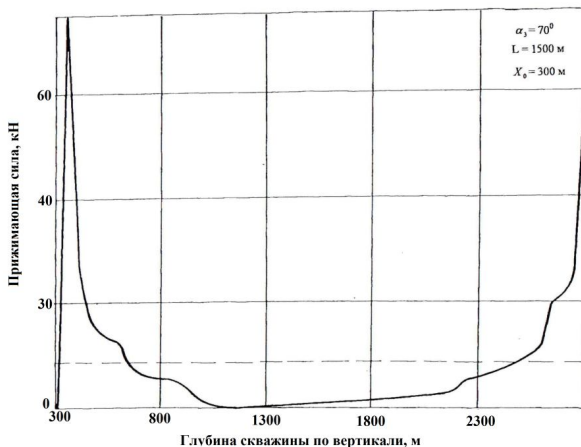


Рис. 4. Эпюра распределения прижимающих сил от глубины скважины по вертикали для оптимального профиля 3 (рис. 2).

Анализируя полученные эпюры распределения прижимающих сил, можно сделать следующие выводы:

1) с увеличением зенитного угла у забоя средняя величина прижимающей силы уменьшается;

2) максимальные значения прижимающих усилий приходятся на участки набора;

3) с увеличением зенитного угла у забоя максимальная величина прижимающей силы уменьшается и для указанных профилей соответственно равна 119,11 кН, 117,75 кН и 75,52 кН;

4) с увеличением зенитного угла у забоя происходит увеличение прижимающих сил на участке спада, что вызывает перераспределение прижимающих сил, которые в свою очередь приводят к уменьшению, как максимального значения прижимающих сил, так и самого интервала, где трубы прижаты с максимальной силой.

Резкое же увеличение прижимающих сил в конце участка спада с увеличением зенитного угла у забоя объясняется тем, что на этом участке расположены УБТ, нормальная составляющая которых с увеличением зенитного угла растет.

На рис. 4 видно, что эпюра распределения прижимающих сил в интервале от 1600 м до 1500 м близка к нулю, т.е. колонна на этом интервале свободно провиснет.

Зная распределение прижимающих усилий по длине скважины можно определить крутящий момент, необходимый для вращения бурильной колонны в скважине.

**Четвертая глава** посвящена исследованию вопросов минимизации сил сопротивлений в горизонтальных скважинах.

Известно, что при бурении и проведении спускоподъемных операций в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах с большим отклонением от вертикали (в случае, когда зенитный угол превышает значение в  $60^{\circ}$ ) основными параметрами ограничения для бурильной колонны становятся:

- преодоление сил сопротивления (трения) при спуске колонны труб и инструмента по горизонтальным, наклонным или искривленным участкам ствола;
- доведение осевой нагрузки до долота;
- обеспечение достаточного крутящего момента в процессе бурения.

В связи с этим, необходимо, кроме обычного расчёта бурильной колонны на растяжение и кручение, осуществлять расчеты на продольную устойчивость при сжатии, так как при указанных условиях, вся бурильная колонна, за исключением её верхней части, будет находиться в сжатом состоянии.

Главное внимание должно быть направлено на определение критической силы, приводящей к потере бурильной колонной продольной устойчивости и приобретению ею формы синусоиды или даже в некоторых случаях спирали (синусоидальный или спиральный изгиб («баклинг») бурильной колонны).

Для уменьшения полученного напряженно-деформированного состояния бурильной колонны и для частичного или полного исключения эффекта описанного изгиба («баклинга») рекомендуется применять компоновку, обеспечивающую плавающий эффект. В нее можно включить легкосплавные бурильные трубы высокой надежности, титановые или специально футерованные трубы. За счет уменьшения удельного веса бурильной колонны в несколько раз по сравнению с применением стальных бурильных труб, можно добиться положительного результата.

В результате исследований было установлено, что значения критической нагрузки спирального «баклинга» главным образом зависят:

- от профиля ствола скважины, т.е. от зенитного угла (рис. 5 и рис. 6).

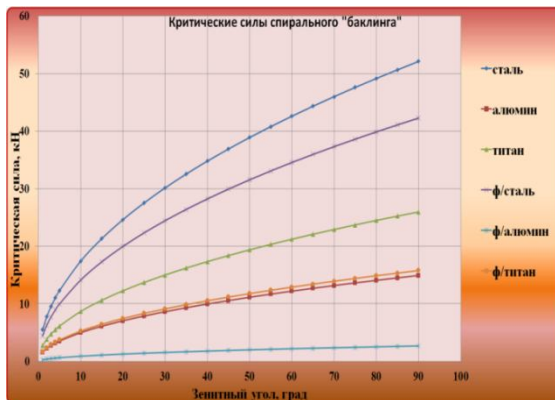
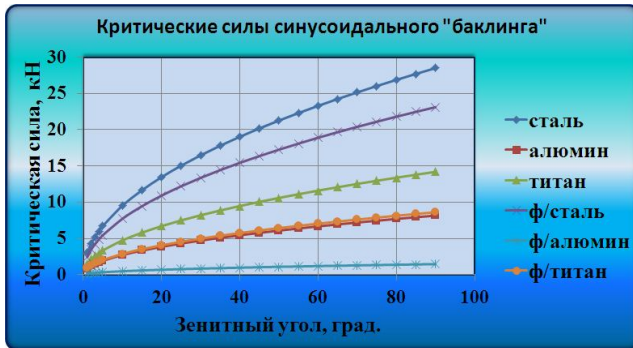


Рис.5. Зависимости критической силы при синусоидальном изгибе от значений зенитного угла и материала буровых труб

Рис.6. Зависимости значений критической силы спирального изгиба от значений зенитного угла и материала буровых труб.

Рост значений зенитного угла вызывает ощутимый рост значений критической нагрузки для труб из стали. Критическая нагрузка для труб из футерованного алюминия меняется незначительно, и ее значение в 10 раз меньше.

- от радиального зазора, возникающего между бурильной колонной и стенкой скважины (рис. 7 и рис. 8).

Как видно из графиков, при увеличении значений указанных радиальных зазоров, улучшаются условия всплытия колонны и уменьшаются критические усилия вызывающие нежелательный изгиб колонны («баклинг»).

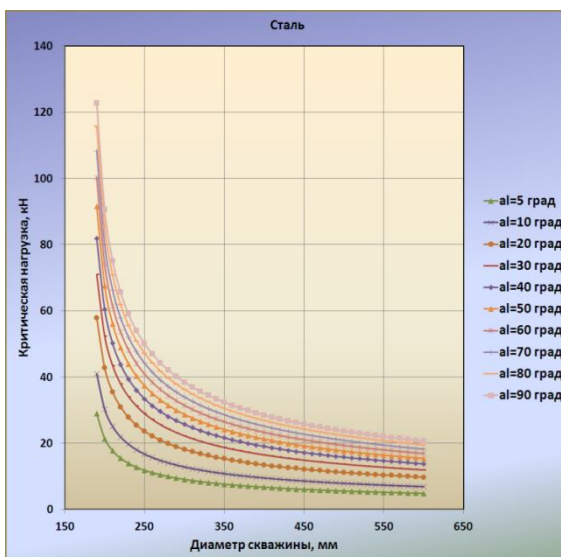
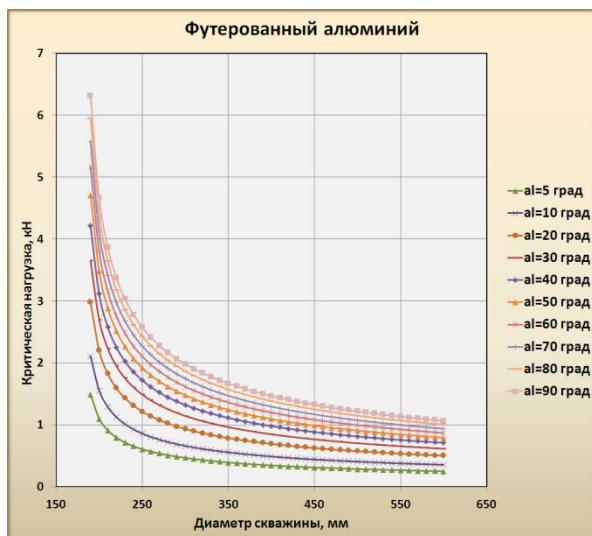


Рис. 7. Зависимости значений критической нагрузки спирального баклинга бурильной колонны диаметром 140 мм (сталь) от величины условного радиального зазора

Сравнительная диаграмма значений критических нагрузок спирального «баклинга» по профилю горизонтальной скважины для колонны из футерованного алюминия и стальных труб показывает, что в условиях полной невесомости они минимальны (футерованные трубы), а для колонны из стальных труб эти значения имеют максимальные значения, так как эффект всплытия отсутствует (рис.9). Как известно, критические значения углов, при которых наблюдается интенсивный рост сил сопротивления при движении по осевому направлению, для различных горно-геологических условий находятся в диапазоне значений 35-60°.

Исходя из вышесказанного, потеря бурильной колонной продольной устойчивости, а также её заклинивание в стволе скважины





является результатом того, что сжимающие продольные усилия, за счёт которых осуществляется передача осевой нагрузки на долото и продвижение бурильной колонны, принимают значения гораздо больше критических сил спирального «баклинга».

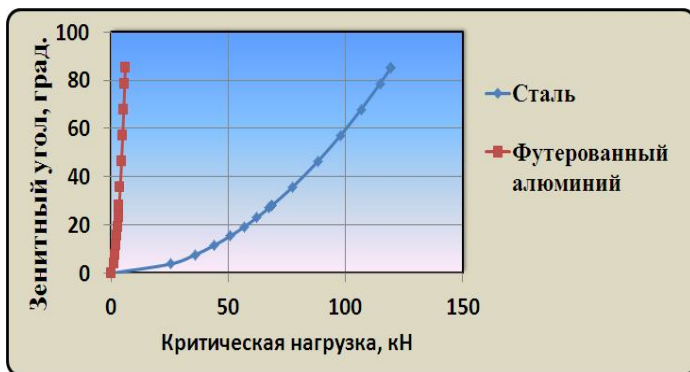


Рис. 8. Зависимости значений критической нагрузки спирального баклинга бурильной колонны диаметром 140 мм (футерованный алюминий) от величины условного радиального зазора

Рис. 9. Сравнительная диаграмма критической нагрузки спирально-го изгиба для бурильных колонн из стали и футерованного алюминия по профилю горизонтальной скважины

В заключении приведены основные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Предложена методика оценка параметров сил сопротивления из условия минимума выведенного функционала по алгоритму Марквардта

2. Разработана методика расчета прижимающих сил с помощью совместного решения системы полученных в работе дифференциальных уравнений

3. Разработана методика расчета оптимальных профилей наклонных скважин по критерию минимума сил сопротивления, которая обеспечивает комплексное рассмотрение вопросов бурения, эксплуатации и разработки.

4. Разработаны следующие рекомендации по минимизации значений сил сопротивления в горизонтальной скважине:

- обеспечить условия плавучести компоновки низа бурильной колонны в стволе скважины, особенно на участках перехода и горизонтальных участках, за счет включения в ее состав труб из композиционных материалов;

- за счёт подбора соответствующего состава и реологических параметров бурового раствора снизить коэффициент сопротивления (трения) движению бурильной колонны в стволе;

- полностью исключить потерю бурильной колонной продольной устойчивости при изгибе в стволе скважины за счет соблюдения условий плавучести колонны.

**Основные положения диссертации опубликованы в  
следующих работах:**

1. Джаббарова Г.В., Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед. Исследование возможностей усовершенствованной поплавковой компоновки при бурении морских наклонных и горизонтальных скважин Материалы XV Международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2014», 26-28 марта 2014 года. Часть V. Ухта: УГТУ, 2014, стр.7-10.

2. Шмончева Е.Е., Кузнецов В. А., Джаббарова Г.В., Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед. Математические методы для оценки параметров сил сопротивления «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ, Elmi əsərlər XV cild, Bakı, 2014, səh.241-250.

3. Мамедтагизаде А.М., Шмончева Е.Е., Кузнецов В. А., Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед. Проблемы, возникающие при бурении наклонных скважин с большими отходами от вертикали на месторождениях Йемена. “XƏZƏRNEFTQAZYATAQ-2014” elmi-təcrübi konfransının materialları, 24-25 dekabr, Bakı, 2014, səh.76-81.

4. Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед, Пашаев Э.Ф. Исследование работы поплавковой компоновки низа бурильной колонны в наклонных скважинах с целью минимизации сил сопротивления Материалы XVI Международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2015», 25-27 марта 2015 года. Часть III. Ухта: УГТУ, 2015, стр.3-7.

5. Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед Применение усовершенствованной поплавковой компоновки с целью минимизации сил сопротивления Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika elmi konfransının materialları, 7-8 aprel, Bakı , 2015, səh.71-72.

6. Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед. Исследование влияния различных типов профилей скважин на распределение прижимающих сил Труды XII Международной Научно-практической конференции Ашировские чтения, 20 сентября - 26 сентября 2015 года: Сб.трудов. Том I. Самара: Самар.гос.техн.ун-т, 2015, стр.97-104.

7. Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед. Задачи нелинейной оптимизации при моделировании параметров сил сопротивления. Строи-

тельство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. ВНИИО-ЭНГ. № 2, Москва, 2016, стр.14-17.

8. Мамедтагизаде А.М., Шмончева Е.Е., Джаббарова Г.В., Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед, Тагиев А.Б. Исследование вопросов минимизации сил сопротивлений в горизонтальных скважинах. Azərbaycan mühəndislik akademiyasının xəbərləri, Cild 9, № 1, Bakı, 2017, səh. 57-64.

9. Мамедтагизаде А.М., Шмончева Е.Е., Джаббарова Г.В., Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед. Апробация методики определения величин коэффициента трения и сил адгезии. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. Cild 17, №1, Sumqayıt, 2017, səh. 75-82.

10. Мамедтагизаде А.М., Шмончева Е.Е., Джаббарова Г.В., Ал-Нахари Тавфик Али Ахмед. Исследование угла закручивания буровой колонны от реактивного момента в пространственно искривленной скважине. «Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya» ETİ, Elmi əsərlər, (в печати).

#### **Личный вклад соискателя:**

Работы (5, 6, 7) – выполнены самостоятельно;

Работы (1, 2, 3, 4, 8, 9, 10) – в равных долях исследование, анализ, моделирование, обработка результатов.



**AL-NAHARİ TAVFİK ALİ AHMED**

**ÜFQİ QUYULARDA MÜQAVİMƏT QÜVVƏLƏRİNİN  
MİNİMALLAŞDIRILMASININ NƏZƏRİ VƏ TƏCRÜBİ  
ƏSASLARININ İŞLƏNMƏSİ**

**XÜLASƏ**

Dissertasiya işində dərinlik avadanlığının şaqulidən inhirafi böyük olan maili və üfqü quyuların, quyu lüləsinin divarları ilə kontakt sərhədində müqavimət qüvvələrinin meydana gəlməsi ilə bağlı olan problemlərə baxılmışdır.

İşdə müxtəlif optimallaşdırma metodları: Nyuton, Nyuton-Qaus, Teylor və Xartli tədqiq edilmişdir. Optimallaşdırma metodlarının baxılan sinfindən Markvardt alqoritmlərinin funksionalının minimumu şərtindən müqavimət parametrlərinin qiymətləndirmələrinin təyin edilməsi üçün ən çox effektiv olan seçilmişdir.

Bu metoda əsasən maili quyu lüləsində qazma kəmərinin uzununa yerdəyişməsi zamanı; mədən məlumatlarına görə maili quyu lüləsində qazıma kəmərinin fırlanması zamanı sürtünmə əmsalının və xüsusi adheziya qüvvəsinin təyin edilməsi metodikası işlənmişdir. Qazıma kəmərinin quyu lüləsi boyunca yerdəyişməsi zamanı fırlanmanın sürtünmə əmsalına təsirinin tədqiqatları aparılmışdır.

Müqavimət qüvvələrinin minimumu meyarına gözə maili quyuların optimal profillərinin təklif edilən hesablama metodikası əsasında, hansı qazıma, istismar və işlənmənin məsələlərinə kompleks baxılmasını təmin edir, kompüter proqramı yaradılmışdır. Onun köməyiylə maili quyuların optimal profilləri hesablanmış və quyuların müxtəlif tipli profillərinin sıxıcı qüvvələrin paylanmasına təsirinin tədqiqatları aparılmışdır.

Bir sıra tədqiqatlar üfqü quyularda müqavimət qüvvələrinin minimallaşdırılması məsələlərinə həsr edilmişdir.

**AL-NAHARİ TAVFİK ALİ AHMED**

**DEVELOPMENT OF THEORETICAL AND PRACTICAL BASIS  
FOR MINIMIZING THE FORCES OF RESISTANCE IN  
HORIZONTAL WELLS**

**SUMMARY**

In the thesis the problems associated with the appearance of resistive forces on the boundary of the contact of deep equipment with the walls of the wellbore of inclined and horizontal wells with large deviations from the vertical are considered.

The problems of determining the coefficient of friction and the specific strength of adhesion for various motions of the pipe string in the wellbore are considered.

In the work various optimization methods were investigated: Newton, Newton-Gauss, Taylor, Hartley, gradient. From the considered class of optimization methods, the most effective algorithm for determining the resistance parameters from the minimum of the functional was the Marquardt algorithm.

On the basis of this method, methods have been developed for determining the coefficient of friction and the specific strength of adhesion:

- Longitudinal displacement of the drill string in the trunk of the inclined well;
- When the drill string rotates in the barrel of the slant well according to field data.

Studies were made of the effect of rotation on the coefficient of friction when moving the drill string along the wellbore.

Based on the proposed methodology for calculating the optimal profiles of inclined wells by the criterion of minimum resistance forces, which provides a comprehensive consideration of drilling, operation and development issues, a computer program was created. With its help, the optimal profiles of inclined wells were calculated and the effects of different types of well profiles on the distribution of the pressing forces

A number of studies are devoted to the problems of minimizing the resistance forces in horizontal wells.





*Əlyazması hüququnda*

**AL-NAHARİ TAVFİK ALİ AHMED**

**ÜFQİ QUYULARDA MÜQAVİMƏT QÜVVƏLƏRİNİN  
MİNİMALLAŞDIRILMASININ NƏZƏRİ VƏ TƏCRÜBİ  
ƏSASLARININ İŞLƏNMƏSİ**

İxtisas: 2523.01– «Quyuların qazılması texnologiyası»

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi  
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

**A V T O R E F E R A T I**

**BAKİ - 2017**