

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра буріння та геології
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 184 Гірництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Харченко М.О.

« ____ » _____ 2023 року

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.

« ____ » _____ 2023 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на тему Принципи компоновок низу бурильної колони для спорудження
свердловин в різних геолого-технічних умовах

Пояснювальна записка

Керівник

Д.т.н., професор _____

кафедри буріння та геології

Гошовський С.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ

підпис, дата

Виконавець роботи

студент група 602-МГР

Величко Олександр Олександрович

студент, ПІБ

підпис, дата,

Консультант за 1 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту _____

Полтава, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ	7
1.1 Аварійність елементів бурильної колони	7
1.2 Аналіз аварій із зломом компоновки низу бурильної колони на Семиренківському ГКР.....	
1.2.1 Злом перевідника.....	
1.2.2 Злом амортизатора	
1.2.3 Злом КЛС.....	
1.3 Висновки до розділу 1. Мета та задачі.....	
РОЗДІЛ 2. РОБОТА БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ.....	
2.1 Загальні поняття конструкції і роботи бурильної колони	
2.2 Фізична модель бурильної колони	
2.3 Стійкість бурильної колони	
2.4 Стійкість в загальному випадку навантаження	
2.5 Висновки до розділу 2.....	
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КОМПОНОВОК НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ В РІЗНИХ ГЕЛОГО-ТЕХНІЧНИХ УМОВАХ.....	
3.1 Опис програмного забезпечення	
3.2 Модуль бурильна колона і компоновка низу бурильної колони	
3.3 Висновки до розділу 3.....	
РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО БУРОВИМ КОМПОНОВКАМ, ЗНИЖЕННЮ ВІБРАЦІЙ ПІД ЧАС БУРІННЯ І РЕЖИМАМ БУРІННЯ РІЗНОМАНІТНИХ ІНТЕРВАЛІВ СВЕРДЛОВИН СЕМИРЕНКІВСЬКОГО ГКР ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ПОПЕРЕДЖЕННЯ УСКЛАДЕНЬ, ПРИХОПЛЕНЬ І АВАРІЙ	
4.1 Аналіз геолгічних умов буріння Семиренківського ГКР	
4.2 Рекомендації по компоновкам низу бурильної колони для реалізації буріння свердловини по кожному інтервалу	

4.3 Впровадження типових компоновок низу бурильної колони для реалізації буріння свердловин	
4.4 Висновки до розділу 4.....	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	9
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	12

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні досягнення енергетичної незалежності є ключовим завданням для України. Одним із шляхів його вирішення є збільшення обсягів видобутку вуглеводневої сировини за рахунок буріння глибоких, похило-скерованих та горизонтальних свердловин як на нових родовищах, так і на тих, що вже перебувають в експлуатації. Стовбури таких свердловин у багатьох випадках мають каверни, уступи та різкі перегини, що негативно впливають на елементи бурильної колони у процесі їх експлуатації. При цьому колона зазнає дії широкого спектру циклічних навантажень, що різко зменшують втомну міцність її елементів і зумовлюють швидке їх руйнування. Тому вирішення задачі правильного проектування та підбору елементів бурильної колони має важливе практичне і теоретичне значення для вітчизняної нафтогазовидобувної галузі.

Метою роботи є забезпечення працездатності елементів бурильної колони шляхом правильного підбору і проектування елементів бурильної колони для різних геолого-технічних умов свердловини.

Для досягнення зазначеної мети поставлені такі **задачі**:

- Проаналізувати стан проблеми із аварійністю елементів бурильної колони при споруджуванні свердловин;
- Окреслити розподіл аварійності за елементами бурильної колони;
- Описати аварії, спричинені втомним руйнуванням бурильної колони по БУ «Укрбургаз»;
- Проаналізувати аварії із зломом КНБК на Семиренківському ГКР;
- Окреслити роботу бурильної колони. Навести загальні поняття конструкції і роботи бурильної колони;
- Окреслити фізичну модель бурильної колони. Описати стійкість бурильної колони;
- Описати програмне забезпечення для проектування оптимальних КНБК в різних геолого-технічних умовах;

- Проаналізувати геологічні умови буріння Семиренківського ГКР;
- Зарекомендувати бурові компоновки для зниження вібрацій під час буріння різних інтервалів буріння;
- Впровадити типові КНБК для реалізації буріння для різних інтервалів буріння.

Об'єктом дослідження є аналіз руйнувань елементів бурильної колони.

Предмет дослідження – вибір проектування оптимальних КНБК для буріння в різних геолого-технічних умовах свердловин.

Методи дослідження: методи підземної гідрогазодинаміки; методи гідроаеромеханіки; методи механіки гірських порід та геомеханіки; опір матеріалів; аналіз інформаційних джерел; синтез; абстрагування; узагальнення; пояснення; класифікація; моделювання.

Науково-технічна цінність отриманих результатів полягає в тому, що досліджено руйнування елементів бурильної колони та впроваджені оптимальні КНБК за для уникнення аварійних ситуацій.

Практичне значення роботи полягає в тому, що отримані автором у процесі досліджень результати дозволили вибрати оптимальне проектування КНБК для буріння в різних геолого-технічних умовах свердловин.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 91 сторінках, у тому числі 70 сторінок основного тексту, 26 рисунків, 11 таблиць на 7 сторінках, 5 сторінок списку використаних джерел (66 найменувань).

Перший розділ присвячений аналізу стану проблеми аварійності елементів бурильної колони по промисловим даним ПАТ «Укрнафта», БУ «Укрбургаз» та ПрАТ «Нафтогазвидобування»

У другому розділі описано загальні поняття конструкції і роботи бурильної колони, наведено фізичну модель бурильної колони. Окреслено стійкість бурильної колони.

У третьому розділі окреслено програмне забезпечення для проектування оптимальних КНБК в різних геолого-технічних умовах.

В *четвертому розділі* розроблено рекомендації по буровим компоновкам, зниженню вібрацій і режимам буріння різноманітних інтервалів свердловин Семиренківського ГКР для підвищення продуктивності і попередження ускладнень, прихоплень і аварій.

Загальні висновки відображають головні результати, що отримано в роботі.

Магістерська робота виконана у Навчально-науковому інституті нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» в 2023 році під керівництвом к.т.н., доцента, доцента кафедри буріння та геології Харченко Максима Олександровича. По певним питанням було проведено консультації із інженерами компанії ТОВ «Науково-технічне підприємство «Бурова техніка», в якому на момент написання наукової роботи працював автор даної роботи. Автор висловлює особисту подяку керівнику проектного відділу даної компанії Герусу Олегу Олеговичу за слухні поради і матеріал при виконанні даної кваліфікаційної роботи.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аварійність елементів бурильної колони

Аварії, що трапляються з елементами бурильної колони, за класифікацією Л. А. Лачиняна і С. А. Угарова [1, 2] поділяють на раптові і поступові. Більш небезпечними є раптові аварії, які виникають несподівано і вимагають значних затрат коштів і часу на їх ліквідацію. Причинами таких відмов є втомне та корозійно-втомне пошкодження, крихке руйнування елементів бурильної колони та виривання різьби труб й замків [1, 2]. Особливо це актуально для роторного способу буріння, під час якого бурильна колона піддається додатковій дії циклічних навантажень згину в нижній її частині, а також асиметричних циклів розтягу – у верхній. Спільний вплив таких зусиль, з іншими навантаженнями різко негативно відбивається на міцності елементів бурильної колони, збільшуючи частоту їх відмов. Раптові відмови досить важко дослідити існуючими методами, тому для оцінки масштабності аварій, спричинених втомними руйнуваннями елементів колони, великий інтерес викликає їх статистичний аналіз. Згідно з промисловими даними по ПАТ «Укрнафта» за 1971 – 1978 роки встановлено, що втомні руйнування обважнених бурильних труб (ОБТ) по різьбових з'єднаннях складають близько 35 % від всіх поломок елементів бурильної колони [3, 4]. Основними причинами руйнувань є навантаження, профіль стовбура свердловини, корозійність бурового розчину, частота обертання ротора, властивості матеріалу і деякі інші чинники. У 1977 – 1981 роках при роторному способі буріння зафіксовано [5, 6]: 9 % аварій із сталевими бурильними трубами (СБТ) на висадженій частині; 6 % – в результаті обриву різьби внаслідок її зношення; близько 15 % аварій викликано поломками по муфті і ніпелю через зношення замків по зовнішній поверхні; 38 % – через поломки по зварних стиках, трубній різьбі чи по тілу труби; 32 % – через промивання тіла труби чи різьби. З даного аналізу видно, що близько 47 % аварій безпосередньо пов'язані з втомним руйнуванням труб. Аналізуючи

аварійність у процесі буріння глибоких свердловин з 1971 по 1982 рр., автори [7, 8] встановили, що 32 % аварій відбулося через несправність елементів бурильних колон. Аварійність за видами конструкцій труб свідчить, що металеві труби відмовили у 38,1 % випадків від загальної кількості аварій бурильних колон; легкосплавні – 15,6 %, ОБТ – 15,1 %; труби бурильні з приварними замками, висадженими в середину (ТБПВ), – 8,6 %; ведучі труби – у 7,0 % випадків. Автором [9] наведено систематизацію відмов елементів колони за 1966 – 1994 роки, рисунок 1.1.

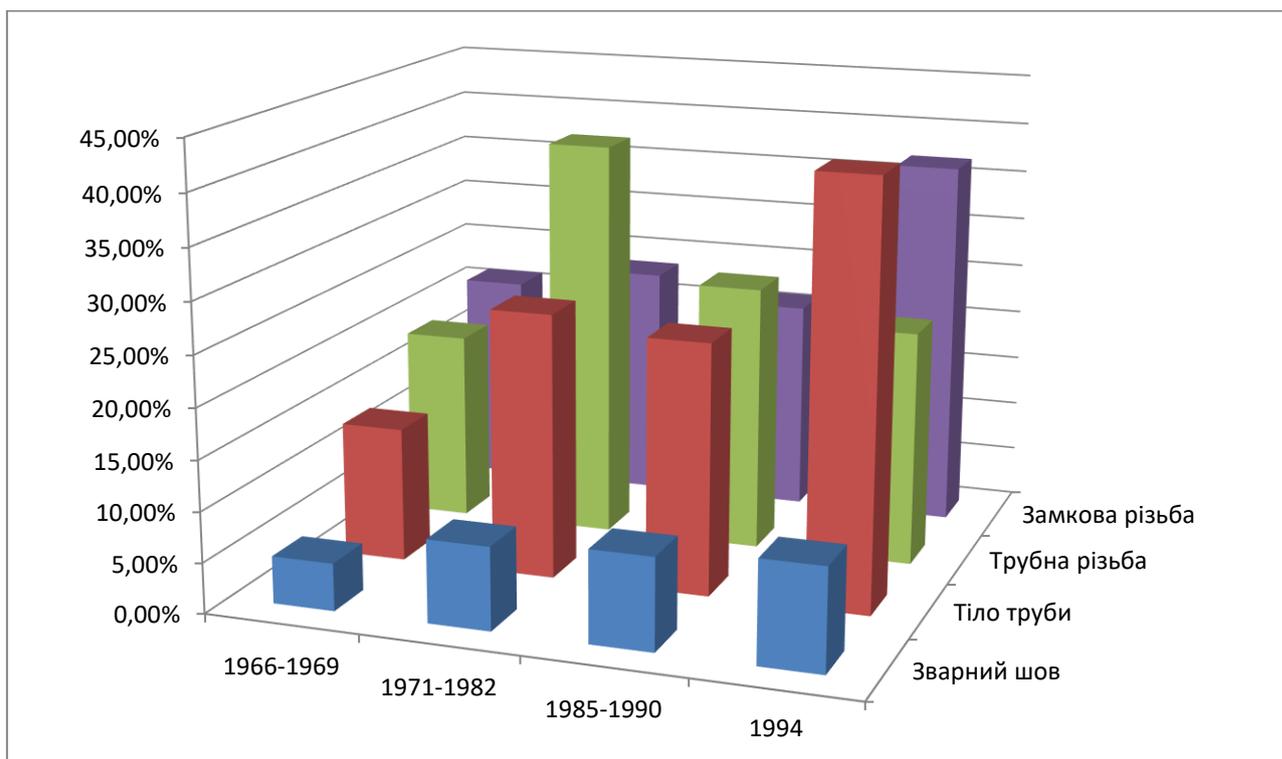


Рисунок 1.1 – Розподіл аварійності за елементами бурильної колони [9, 10]

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній магістреській роботі проаналізовано аварії з елементами бурильної колони при бурінні свердловин можна зробити наступні висновки. Аварії, що трапляються з елементами бурильної колони поділяють на раптові і поступові. Більш небезпечними є раптові аварії, які виникають несподівано і вимагають значних затрат коштів і часу на їх ліквідацію. Причинами таких відмов є втомне та корозійно-втомне пошкодження, крихке руйнування елементів бурильної колони та виривання різьби труб й замків.

Згідно із результатами аналізу промислових даних компанії БУ “Укрбургаз” за 2007 – 2010 роки за вказаний період відбулося 27 аварій, 16 з яких внаслідок руйнування бурильної колони. Із 16-ти відмов бурильної колони 12 спричинено втомним руйнуванням її елементів, із яких 6 аварій через руйнування різьбових з’єднань, 5 руйнувань по тілу бурільних труб та 1 по іншій частині колони.

Згідно із результатами аналізу аварій із зломом КНБК на Семиренківському ГКР бачимо, що аварії присутні при споруджуванні свердловин.

Бурильна колона являє собою спущену в свердловину збірку із бурільних труб, призначену для подачі гідравлічної і механічної енергії долоту, створення осьового навантаження на долото, а також для керування траєкторією буримої свердловини.

Всі елементи бурильної колони постійно знаходяться під дією різноманітних по характеру сил. Характер діючих на бурильну колону сил змінний як по довжині, так і в часі. Тому практично задачі про напруження доцільно вирішувати лише для граничних, найбільш небезпечних випадків з метою вироблення конкретних рекомендацій щодо обмежувальних граничних параметрів процесів, гарантуючих безаварійну довготривалу роботу якісної бурильної колони.

Піддана впливу різних зусиль бурильна колона в процесі роботи втрачає стійкість прямолінійної форми рівноваги. Нестійкою називається така форма рівноваги, коли при невеликому відхиленні від положення рівноваги, система, представлена сама собою, не повертається в вихідне положення силами пружності.

На стійкість колони впливають також гідростатичні сили, до яких відносяться внутрішній тиск в бурильній колоні і зовнішній тиск, який створюється стовпом промивальної рідини. Розгляд питань, пов'язаних в впливом гідростатичних сил і швидкості руху промивальної рідини на стійкість колон, дозволяє виявити можливі викривлення бурильних колон в процесі спуско-підіймальних операцій, прокачуванні промивальної рідини та інше.

Програмний комплекс «Інженерні розрахунки будівництва свердловин БУРСОФТПРОЕКТ» являє собою інтегрований пакет програмних модулів, що дає змогу розв'язувати інженерні завдання і завдання оперативного контролю процесу споруджування свердловин, оперативно аналізувати процеси, що протікають під час споруджування свердловини, накопичувати дані про споруджені свердловини. Як методична база програмного комплексу використовуються затверджені вітчизняні керівні документи.

Модуль бурильна колона і КНБК призначений для розрахунку статичних і динамічних навантажень, що діють на бурильну колону, а також для підбору складу бурильної колони. Результати розрахунків використовуються для формування розділу 1.8 проектної документації розрахунки проводяться за «Інструкцією з розрахунку бурильних колон» (РД 39-0147014-502-85).

Окреслено рекомендації по КНБК для реалізації буріння свердловин по кожному інтервалу. виконано моделювання для визначення оптимальних параметрів буріння. Моделювання допоможе визначити комбінацію параметрів, яку необхідно уникати. Більшість компаній із надання сервісу з похилого буріння, а також незалежні експерти можуть виконати симуляцію

більшості видів КНБК і надати рекомендації щодо "дорожньої карти" бурових параметрів. Та впроваджено оптимальні КНБК для буріння кожного інтервалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лачинян Л. А., Угаров С. А. Конструирование, расчет и эксплуатация бурильных геологоразведочных труб и их соединений. Недра. Москва, 1975. 230 с.
2. Механіка руйнування і міцність матеріалів. У десяти томах. Т. 10. Міцність та довговічність нафтогазового обладнання. Львів – Івано-Франківськ: довідн. посібник, 2006. 1193 с.
3. Івасів В. М., Федорович Я. Т., Артим В. І., Гладун В. В., Пушкар П. В. Дослідження кінетики втомного пошкодження матеріалу бурильних труб в умовах блокового навантажування. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2003. № 1. С. 39-43.
4. Пелех В. Г., Воронецкий М. К., Бандурин Г. П. Долговечность утяжеленных бурильных труб. *Нефтяное хозяйство*. 1980. № 3. С. 68-69.
5. Івасів В. М., Артим В. І., Гриців В. В., Рачкевич Р. В. Удосконалення методики оцінки довговічності бурильних труб з урахуванням експлуатаційних навантажень. *Науковий вісник ІНТУНГ*. 2010. №2(24). С. 41-45.
6. Янтурин А. Ш., Осин Г. С., Подавалов Ю. А., Папировский В. Л. Некоторые вопросы аварийности бурильных труб. *ВНИИТ – нефть, КПт И*. 1984. №10. С. 12 – 15.
7. Артим В. І., Пушкар П. В. Моделювання накопичення втомних пошкоджень при випадковому навантажуванні. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2004. № 1. С 19-24.
8. Крыжановский Е. И., Поддубный В. Т., Иващенко С. Г., Янышевский М. Я., Рихлевич И. М. Анализ отказов бурильных колон при эксплуатации. Деп. в УкрНИИТИ. Ивано-Франковск, 1987. № 610-Ук87. 13 с.
9. Рачкевич Р. В. Прогнозування довговічності бурильної колони в ускладнених умовах буріння свердловини: дис. канд. техн. наук: 05.05.12 / Івано-Франківськ. нац. техн. ун-т. нафти і газу. Івано-Франківськ, 2006. 145 с.

10. Івасів В. М., Артим В. І., Пушкар П. В. Оцінка впливу параметрів двочастотного процесу навантажування на довговічність деталей машин. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2004. № 5 (37). С. 113-116.
11. Анализ аварийности при бурении: веб-сайт. URL: <http://www.drillings.ru/av-analiz> (дата звернення: 01.02.2013).
12. Івасів В. М., Артим В. І., Гриців В. В., Гриців Ю. В. Оцінка втомного ресурсу елементів конструкцій із урахуванням пікових навантажень. *Проблеми динаміки і міцності в турбомашинобудуванні*: праці 4 Міжнар. наук.-техн. конф. Київ, 2011. С. 89-90.
13. Лисовская Г. Ф., Мигаль О. М., Карпаш О. М. Применение дефектоскопии бурильных труб в объединении «Укрнефть». *Нефтяное хозяйство*. 1983. №5, май. С. 43.
14. Способ измерения нагрузки, действующей на скважинный буровой инструмент: веб-сайт. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2377404C2> (дата звернення: 01.06.2018).
15. Андрийчук И. С. Пелех В. Г., Бандурин Г. П., Щербан Б. Д. Работоспособность бурильных труб в условиях Прикарпатья. *Нефтяная и газовая промышленность*. 1982. №3. С. 17 – 19.
16. Крижанівський Є. І., Малько Б. Д., Івасів В. М. Визначення навантаженості бурильних труб в колоні при спуско-підіймальних операціях. *Надійність машин та прогнозування їх ресурсу*. праці Міжнар. наук.-техн. конф. РОМ-2000. Івано-Франківськ, 2000. С. 301-308.
17. Joostew M. W. Study shows how to predict accumulated drill pipes fatigue. *World oil*. 1985. Vol 201 №5. P. 65 – 70.
18. Сароян А. Е. Теория и практика работы бурильной колонны: монография. Недра. Москва, 1990. 263 с.
19. Артим В. І. Оцінка навантаженості бурильної колоні під час спуско-підіймальних операцій. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2009. № 4. С. 26-32.

20. Джус А. П. Прогнозування довговічності елементів бурильної колони індикаторами втоми: дис. канд. техн. наук: 05.05.12 / Івано-Франківськ. нац. техн. ун-т. нафти і газу. Івано-Франківськ, 2011. 197с.

21. Джейсон К., Рейнольдс Н., Єлліс Ш. Достижения в проектировании бурильной колонны с учетом усталостного износа: теория коэффициента кривизны и иллюстративный пример. *Нефтегазовые технологии*. 2004. №3. С.16 – 18.

22. Каспарьянц К. С. Проектирование обустройства нефтяных месторождений: монография. Самара, 1994. 412 с.

23. Нечайкина Л., Рудин Ю. В. Бурильные колонны – проблемы и решения. В зеркале мировой прессы. *Бурение и нефть*. 2006. №3. С. 43 – 44.

24. Артими В. І., Яциняк І. І., Гриців В. В., Юрич А. Р., Рачкевич Р. В. Аналіз корозійно-втомних руйнувань елементів бурильної колони. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2012. № 2(43). С. 197 – 200.

25. Коцкулич Я. С., Марцинків О. Б., Витвицький І. І. Аналіз методів з визначення сил опору при спуску обсадної колони в похило-скеровані і горизонтальні свердловини. *Розвиток наукових досліджень 2009: матеріали п'ятої міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 23-25 лист. 2009 р. Полтава: "ІнтерГрафіка", 2009. Т.8. С. 49-52.*

26. Кунцяк Я. В., Гнип М. П., Мрозек Є. Р. [та ін.]. Удосконалення техніки і технології буріння горизонтальної свердловини в нестійких породах Бугруватівського родовища. *Нафтова і газова промисловість*. 2010. № 2. С. 22-25.

27. Гуляев В. І., Гайдайчук В. В., Гловач Л. В. Теоретичний аналіз впливу профілю криволінійної свердловини на силу опору руху в ній бурильної колони. *Нафтова і газова промисловість*. 2010. № 3. С. 20-22.

28. Карпенко В. М., Кравець В. В., Стасенко В. М. Досвід і проблеми спорудження горизонтальних свердловин в Україні. *Нафтова і газова промисловість*. 2006. № 5. С. 13-15.

29. Булатов А. И., Аветисов А. Г. Справочник инженера по бурению: в 4 кн. М.: Недра, 1995. Кн 3.
30. Коцкулич Я. С., Кочкодан Я. М. Буріння нафтових і газових свердловин: підручник. Коломия: ВТП «Вік», 1999. 504 с.
31. Воропаев Ю. А. Некоторые вопросы центрирования и проходимости обсадных колонн: автореф. дис. канд. техн. наук., 1974. 22 с.
32. Рабиа Х. Технология бурения нефтяных скважин: пер. с англ. В. Г. Григулецкого, Ю. М. Кисельмана; под ред. В. Г. Григулецкого. М.: Недра, 1989. 413 с.
33. API Spec. 10D. API Specification for Casing Centralisers. American Petroleum Institute Production Department. 1973.
34. Ладыга А. В. Применение пружных центраторов для обсадных колонн. *Реферативный научно-технический сборник «Бурение»*. Москва, 1979. Вып 9. С. 32-36.
35. Звіт про науково-дослідну роботу «Підвищення якості кріплення похило-спрямованих та горизонтальних свердловин на родовищах Прилуцького УБР». № держ. реєстрації 0101U000714. 2002. 87 с.
36. Инструкция по бурению наклонно-направленных скважин. М.: Изд. МНП. 1983. 67 с.
37. Инструкция по креплению нефтяных и газовых скважин. М.: Изд. МНП. 1975. 124 с.
38. Махмудов Д. М. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*. Баку, 1963. №5.
39. Булатов А. И., Доманов Г. П. *Нефтяное хозяйство*. 1968. №7.
40. Гасанов А. Б., Медведский Р. И., Эфендиев А. З. О рациональном расположении центрирующих фонарей на обсадных трубах с учетом искривления ствола скважины. *Нефтяное хозяйство*. 1963. №9. С. 18-21.
41. Керимов З. Г., Шихалиев Ф. А. К вопросу обеспечения концентричности низа эксплуатационной колонны в наклонных скважинах. *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. 1969. №7. С. 21-24.

42. РД 39-00147001-767-2000. Инструкция по креплению нефтяных и газовых скважин. Открытое акционерное общество "Газпром". 2000. 141 с.

43. Данилевич В. М., Мнацаканов А. Г. Взаимодействие бурильной колонны со стенками скважины при бурении. *Труды УкрГипроНИИнефть. Бурение нефтяных и газовых скважин*. М.: Недра. 1976. Вып. 17.

44. Самотой А. К. Предупреждение и ликвидация прихватов труб при бурении скважин. М.: Недра, 1979. 189 с..

45. Султанов Б. З., Фоминых В. Г. К вопросу желобообразования при бурении глубоких скважин. *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. 1967. № 10. С. 21-23.

46. Фролов Е. П., Сидоров Н. А., Аветисян Н. Г. Конфигурация стволов скважин и осложнения, возникающие в процессе бурения. *НТС «Бурение»*. 1966. №11. С. 4-8.

47. Фролов Е. П., Кошелев Н. И., Алишанян Р. Р. Механизм желобобразования и некоторые основные факторы, определяющие его развитие. *НТС «Бурение»*. 1970. № 7. С. 3-5.

48. Шахбазбеков К. Б., Туранов Т. И., Джабраилов Л. А., Джаланов С. М. Исследование некоторых причин желобобразования на стенках ствола скважины. *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. 1976. №12. С. 22-24.

49. Фролов Е. П. Предупреждение осложнений при бурении ННС. *Нефтяное хозяйство*. 1981. №7. С. 19-21.

50. Пятецкий Е. М., Мякотина Г. И. Влияния искривления скважины на процесс желобообразования. *Нефтяное хозяйство*. 1973. №8. С. 10-13.

51. Григорьев Н. А. Бурение наклонных скважин уменьшенных и малых диаметров. М.: Недра, 1974. 167 с.

52. Бабарыкин С. П., Сапченко Ю. Л., Жидкова В. И. Выделение желобов и определение объема скважины по профилеграммам. *НТС «Бурение»*. 1970. №10. С. 9-12.

53. Григорян Б. Н., Мамедханов Р. Г. Обработка с помощью ЭВМ данных профилометрии с целью определения формы поперечного сечения и объема ствола скважины. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*. 1974. № 8. С. 16-17.

54. Мамедов Ф. С. Восстановление профиля поперечного сечения скважины по данным профилометрии. *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. 1979. № 4. С. 83-86.

55. Фролов Е. П. Определение конфигурации, поперечных размеров и объема ствола скважины. Булатова Л. И., Измайлова Л. Б., Лебедева О. А. Проектирование конструкций скважин. М.: Недра, 1979. С. 13-20.

56. Копилов В. Е., Артющкин В. Н. Исследование стенок скважины при бурении: учебное пособие для студентов специальности 0211 «Бурение нефтяных и газовых скважин». Тюменский индустриальный институт им. Ленинского комсомола. 1981.

57. Александров М. М. Силы сопротивления при движении труб в скважине. М.: Недра, 1978. 209 с.

58. Яремийчук Р. С., Семак Г. Г. Обеспечение надежности и качества стволов глубоких скважин. М.: Недра, 1982. 264 с.

59. Лубинский А. Изучение продольного изгиба бурильной колонны при роторном бурении. М.: Гостоптехиздат, 1960. 160 с.

60. Кочкодан Я. М. Технологія буріння нафтових і газових свердловин: практикум, Ч.2. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 280 с.

61. Александров М. М. Взаимодействие колонн труб со стенками скважины. М.: Недра, 1982. 144 с.

62. Витвицький І. І. Шацький І.П. Про взаємодію колони з жолобом свердловини. *Нафтогазова енергетика 2013: матеріали міжнар. наук.-техн. конф.* (м. Івано-Франківськ, 7–11 жовт. 2013 р.). Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. С. 136–137.

63. Басарыгин Ю. М., Будников В. Ф., Булатов А. И. Теория и практика предупреждения осложнений и ремонта скважин при их строительстве и эксплуатации. М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2001. Т.3. 399 с.

64. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов. М.: Высшая школа, 2003. 560 с.

65. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов: 10-е издание. М.: МГТУ им. Баумана, 2000. 592 с.

66. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Є. С. Опір матеріалів: підручник за заг. ред. Г. С Писаренка. 2-е вид. К.: Вища школа, 2004. 655 с.