

УДК 622.243.2

ОСОБЛИВОСТІ НАВАНТАЖУВАННЯ КАРОТАЖНИХ КАБЕЛЬ-КАНАТІВ В НЕОБСАДЖЕНИХ СВЕРДЛОВИНАХ

¹В.В.Гладун, ²В.І.Артим, ¹С.М.Януш¹ Полтавське управління геофізичних робіт, 36007, Полтава, вул. Заводська, 16, тел. (0532) 567336, факс (0532) 568621

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42002, e-mail: public@nuing.edu.ua

Работа посвящена изучению основных особенностей нагружения каротажных кабель-канатов в необсаженных скважинах сложного профиля. Проведены экспериментальные исследования по определению усилий гидравлического сопротивления наиболее распространенных каротажных приборов во время спуско-подъемных операций. Анализ экспериментальных исследований позволил определить закономерности усилия сопротивления движению каротажных приборов в зависимости от скорости и глубины, что дает возможность более уверенно вести спуско-подъемные операции при каротаже, как с точки зрения производительности, так и уменьшения риска аварийных ситуаций. Также эти закономерности служат базой при прогнозировании долговечности и остаточного ресурса каротажных кабель-канатов.

Сучасні тенденції розвитку нафтогазової галузі полягають у збільшенні обсягів похило-скерованого буріння та середніх глибин свердловин з одночасним підвищенням швидкості буріння. Це призводить до все більш жорстких умов експлуатації нафтогазопромислового устаткування, зокрема, каротажних кабель-канатів для геофізичних досліджень. Кабель-канат виконує функцію вантажонесучого вузла і є органом передачі інформації про технологічні і глибинні параметри на устя при дослідженні свердловин.

Практика експлуатації кабель-канатів у нафтових і газових свердловинах свідчить, що при проведенні каротажних операцій відбувається велика кількість аварій (обриви кабель-канатів, їх петлеутворення, недоходження контейнера з вимірювальними приладами до необхідної глибини і т.п.). Ліквідація наслідків аварій з каротажними кабель-канатами призводить до простою свердловини впродовж 10-15 діб, а іноді навіть до ліквідації свердловини через неможливість її подальшого проходження [3].

Для запобігання таких явищ необхідно розглянути динамічні задачі кабель-канатів, що вимагає знання усіх сил, що діють на апаратуру та кабель-канат у свердловині. Таким чином, проведення експериментальних досліджень для визначення сил, що діють на апаратуру і кабель-канат у необсаженій свердловині, та їх аналіз мають важливе наукове та практичне значення.

Аналіз промислових даних по 67 аварійних випадках в об'єднанні „Азнефть” [5] свідчить, що основними причинами аварій при каротажі

The paper is dedicated to basic features learning of in uncased boreholes with a compound section. The experimental researches on definition of gains of hydraulic resistance of the most abundant well-logging devices are held during tripping operations. The analysis of experimental researches has allowed determining rules of logging instruments motion resistance in velocity function and depths, which enables more confidently message of tripping at logging as from a point of view of productivity, and decrease of risk of distresses. Also these regularities are basis at prediction of longevity and residual operational life of well-logging cables.

є петлеутворення кабель-каната і прихоплення контейнера.

Петлеутворення кабель-каната в свердловині спостерігається при порушенні синхронного руху контейнера і барабана піднімального агрегату (тобто, при випередженні контейнера канатом при його непередбаченій зупинці).

Як відомо з бурової практики, випадки прихоплення каротажного снаряда трапляються при випередженні контейнера кабель-канатом, а також при обвалі стінок свердловини.

Питання конструювання кабель-канатів з урахуванням їхньої поперечної піддатливості, гідростатичного тиску глинистого розчину і температурного впливу середовища вивчені М.Ф.Глушком, Л.М.Мамаєвим, В.А.Шахназаряном та ін. [1-5]. В роботах показано, що зміна сили тертя від нормального навантаження при постійному значенні швидкості підйому зразка і різних глинистих розчинів носить лінійний характер.

Побудовані також графіки для різних складів глинистого розчину при максимальному навантаженні і різних значеннях швидкості руху зразка. Так, при швидкості руху 0,02...0,07 м/с сила опору падає при збільшенні швидкості незалежно від складу глинистого розчину.

Однак механіка кабель-канатів в умовах роботи в необсаджених нафтових і газових свердловинах складного профілю досліджена ще недостатньо. Тому метою нашого дослідження є вивчення особливостей навантажування каротажних кабель-канатів в необсаджених свердловинах складного профілю.

Для попередження аварійних ситуацій, підвищення довговічності кабель-канатів необхідно проводити каротажні операції з урахуванням усіх сил, що діють на каротажний кабель в умовах конкретного свердловини. В загальному випадку необсадженого стовбура зі складним просторовим профілем можна виділити такі основні групи сил:

1. Вага снаряда та кабеля в рідинному середовищі бурильного розчину (з урахуванням виштовхувальної сили). Вона є рушійною при спуску і силою опору при підйманні каротажного снаряда.

2. Гідралічні сили опору руху снаряда і кабеля. До них відносять лобову силу опору руху снаряда $F_{л.с.}$ та силу в'язкого тертя пристрою та кабеля $F_{р.т.}$. $F_{л.с.}$ є функцією квадрату швидкості тіла в рідині і при швидкостях, що застосовуються при СПО, її значення буде дуже незначним ($F_{л.с.} < 1Н$), тому нею можна знехтувати. $F_{р.т.}$ залежить від великої кількості параметрів (швидкість, температура, тиск, геометрія пристрою та стовбура свердловини, фізичні властивості рідини, концентрація і вміст домішок тощо) і може приймати великі значення і спричиняти суттєвий вплив на СПО.

3. Сили опору стінок свердловини. В першу чергу до них відносять контактне тертя снаряда і кабеля об глинисту кірку. Сила тертя залежить від довжини контакту, сили притискання і коефіцієнта тертя. Для похило-скерованих свердловин ця сила є визначальною при спусканні кар. пристрою на необхідну глибину. Найменш прогнозованими є сили опору снаряда при зануренні в каверни, виробки та інші місця локального порушення профілю свердловини. Саме вони призводять до прихоплень при підйманні та значних ускладнень при спуску. Сили 3 групи є найменш вивченими і майже не піддаються прогнозуванню.

4. Інерційні сили, що виникають при неусталеному русі снаряда та кабеля в свердловині. У зв'язку зі змінним характером сил опору 2 і 3 групи інерційні сили постійно супроводжують процес СПО і вносять значний вклад в накопичення втомних пошкоджень кабеля.

Як бачимо з попереднього силового аналізу, процес СПО при каротажі необсаджених свердловин характеризується високим ступенем непрогнозованості через неможливість попереднього теоретичного врахування усіх вагомих факторів, особливо при дії сил 3 і 4 групи. Тому експериментальне визначення натягу каната в експлуатаційних умовах має важливе теоретичне і практичне значення як для оптимізації процесу СПО при каротажі, так і для прогнозування довговічності та залишкового ресурсу кабеля. Нами проведено серію експериментальних досліджень натягу канатів при СПО в експлуатаційних умовах при різних швидкостях підймання найбільш поширених каротажних пристроїв на глибинах 100-5000 м для свердловин з різними характерними профілями.

Результати отримані за допомогою установки КТРС 10М [6]. КТРС-10М призначена для вимірювання і контролю глибини спуску і на-

тягу кабеля свердловинних приладів і застосовується в складі каротажних станцій при проведених геофізичних робіт.

Система вирішує такі завдання:

– індикацію значень зусилля натягу кабеля, глибини занурення каротажного приладу, температури навколишнього середовища і поточного часу;

– реєстрацію в реальному масштабі часу значень переміщення каротажного приладу і зусилля натягу кабеля та видачі сигналів про наближення і досягнення гранично допустимого значення зусилля натягу каротажного кабеля;

– збереження результатів вимірювань зусилля і переміщення за період проведення 1...10 циклів каротажних робіт у вмонтованій енергонезалежній пам'яті з наступним переносом інформації на зовнішній накопичувач (комп'ютер).

Найбільш характерні графіки зміни сили натягу зображені на рис. 1. Аналіз дає підстави зробити висновок про лінійну залежність сили натягу від глибини каротажного пристрою. Силу натягу кабеля T у верхній точці можна описати рівнянням (без урахування динамічної складової)

$$T = T_{np.} = t_k L, H \quad (1)$$

де: T_l – сила опору руху каротажного пристрою, H ;

t_k – сила опору руху 1 м кабеля, $H/м$;

L – довжина кабеля, м

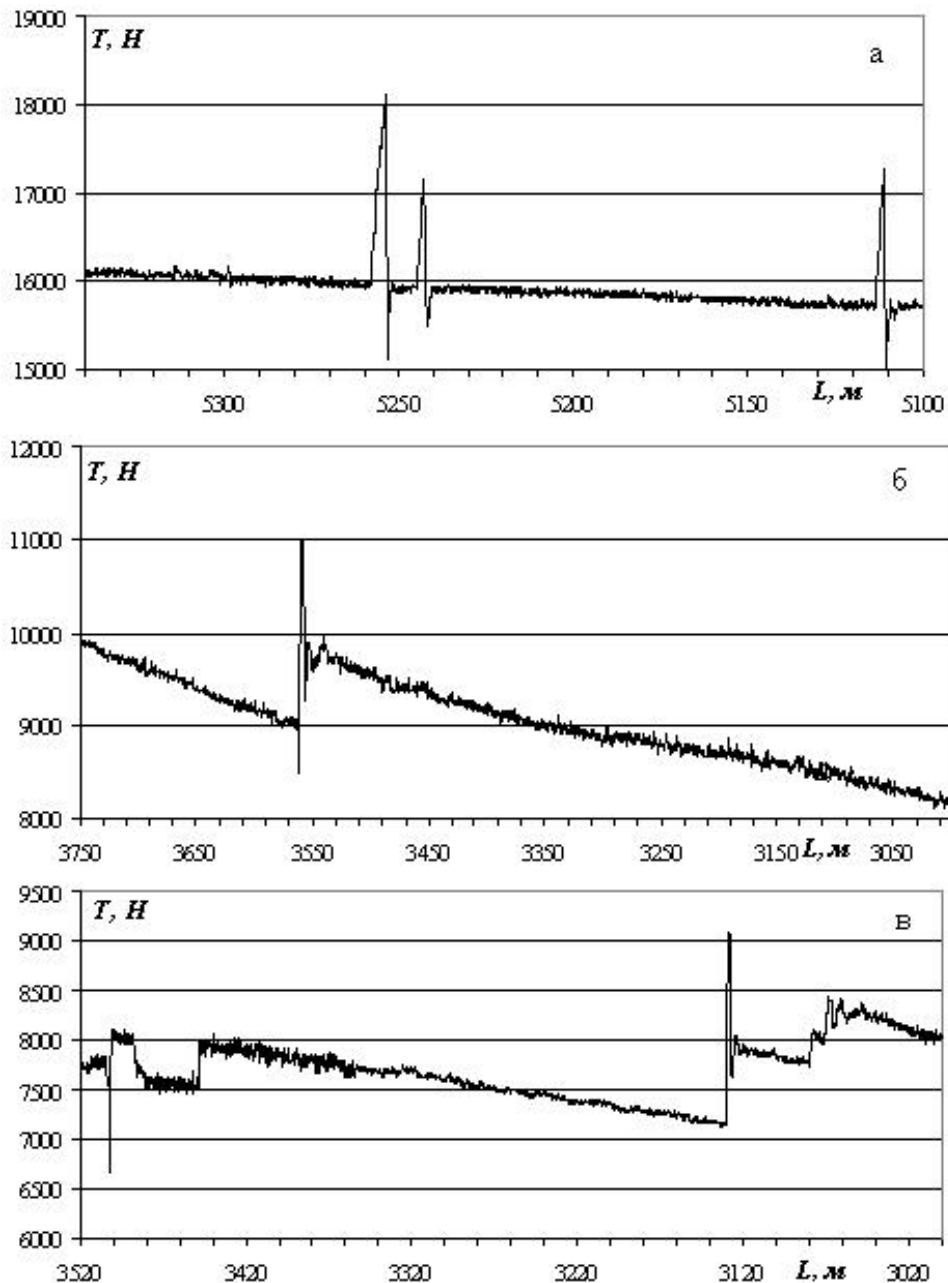
$$T_{np.} = T_{1np.} \pm (T_{2np.} + T_{3np.}); \quad (2)$$

$$T_k = t_{1k}(t_{2k} + t_{3k}). \quad (3)$$

Розділити сили опору 2 і 3 групи в загальному випадку досить важко через їх складну природу. Тому було проведено експериментальні дослідження натягу каната в умовах вертикальних свердловин, для яких впливом сил 3 групи можна знехтувати. Результати досліджень зображені на рис. 2-3.

Як бачимо, загальна тенденція лінійної залежності сили натягу від глибини простежується дуже чітко, хоча позбутись динамічних вібраційних коливань 4 групи неможливо в будь-якому випадку. Аналіз одержаних результатів дав змогу після визначення T_{1np} і t_{1k} розрахувати сили опору T_{2np} і t_{2k} для різних швидкостей виконання спуско-піднімальних операцій і різних каротажних приладів. Результати розрахунків зображені на рис. 4.

Звертає на себе увагу позитивний вплив збільшення швидкості на зменшення t_{2k} і екстремальний характер $T_{2np.}$ при швидкості $v=500$ м/год. За допомогою отриманих результатів можна більш упевнено керувати процесом проведення каротажних операцій як з точки зору продуктивності, так і уникнення аварійних ситуацій. Також за їх допомогою можна провести аналіз закономірностей сил опору 3 групи з урахуванням швидкості і зенітного кута свердловини, що є необхідним при прогнозуванні спуско-піднімальних операцій при проведенні каротажних досліджень та максимальної гли-



а – пристрій МБК-Е-2, $v=1000$ м/год., кут 1,5 град;
б – пристрій МКЗ-Е-2, $v=3000$ м/год., кут 5,25 град;
в – пристрій Е-1, $v=800$ м/год., кут 9 град

Рисунок 1 — Приклади навантаження кабель-каната при проведенні каротажних операцій в необсаджених свердловинах

бини опускання каротажного пристрою для свердловин зі складним профілем. Це і буде темою наступних досліджень.

Література

1. Глушко М.Ф., Сергеев С.Т., Расчет канатов, работающих на блоках, по предельному состоянию // Стальные канаты. Вып. 3. – К.: Техника, 1966.

2. Глушко М.Ф. Стальные подъемные канаты. – К.: Техника, 1966.

3. Керимов З.Г., Ибрагимов И.Х. Экспериментальное исследование перемещения кабель-каната в наклонных скважинах // АНХ. – 1976. – № 8. – С.23.

4. Шахназарян Э.А. Влияние гидростатического давления в буровой скважине на напряженное состояние бронированного кабеля / В сб. Стальные канаты. Вып. 2.– К.: Техника, 1965.

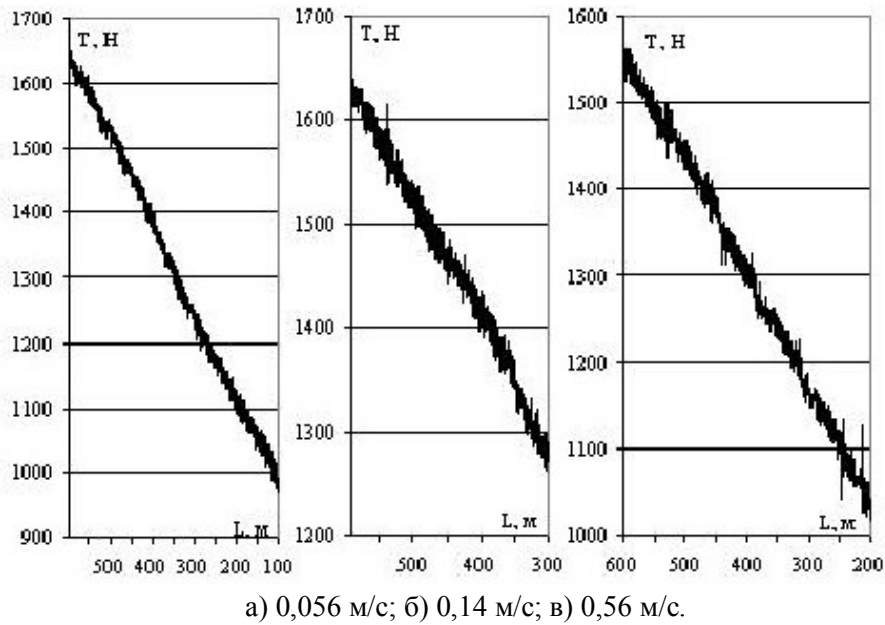


Рисунок 2 — Натяг кабель-каната при підніманні СРК-01 з вертикальної необсадженої свердловини на швидкості

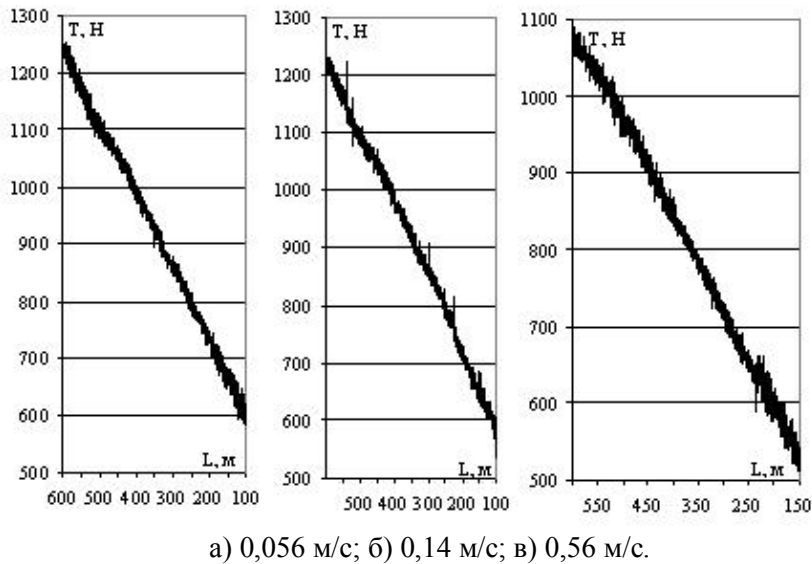


Рисунок 3 — Натяг кабель-каната при підніманні інклінометра з вертикальної необсадженої свердловини на швидкості

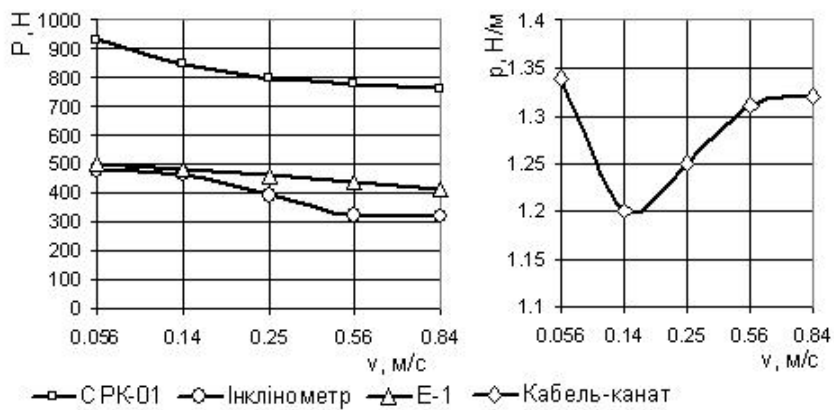


Рисунок 4 — Залежність сили опору каротажних снарядів та кабель-каната від швидкості руху при СПО

5. Мамаев Л.М. Исследование напряжений в кабель-канатах с учетом температурного воздействия: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Одесса, 1969. – 18 с.

6. Артим В.І., Гладун В.В., Нейдлін Г.С., Шаповалов Я.М. Каротажна тензометрична реєструюча система КТРС-10М // Нафта і газ України: Матеріали 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції „Нафта і газ України – 2004”: У 2-х т. – Л.: Центр Європи, 2004. – Т. 1. – С. 304-306.

УДК 620.241

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ ТА НАПРУЖЕНЬ В НАСОСНИХ ШТАНГАХ НА СКРИВЛЕНІЙ ДІЛЯНЦІ СВЕРДЛОВИНИ

П.В.Пушкар

НГВУ “Надвірнанафтогаз”, 78400, м. Надвірна, вул. Грушевського, 13, тел. (03475) 23101,
e-mail: ngvu@base.nd.if.ua

Работа посвящена определению прижимного усилия и напряжений изгиба в насосных штангах на искривленном участке скважины. Выведены расчетные уравнения для определения усилий и напряжений в колонне насосных штанг с учетом зазора между штангами и насосно-компрессорными трубами. С помощью разработанной методики проанализировано влияние геометрии скважины и параметров колонны насосных штанг на прижимное усилие и напряжения изгиба. Сделано выводы для обеспечения надежности работы колонны насосных штанг на искривленном участке.

The paper is dedicated to definition of clamping gain and flexure stresses in pump rods on a curved lease of a well. Is maneuvered the calculated equations for definition of forces and stresses in a rod string with allowance for of gap between drill rods and stalks. With the help of the designed method of application is parsed influencings geometry of a well and arguments of a rod string on clamping force and flexure stresses. Is made the deductions for supply of a reliability of operation of a rod string on a deviated borehole.

Як відомо, близько 70% діючих свердловин України оснащені штанговими свердловинними насосами. Це співвідношення зберігається і при будівництві нових свердловин. Сучасні тенденції розвитку нафтовидобувної галузі полягають у збільшенні середніх глибин свердловин та все більшому поширенні буріння похило-скерованих свердловин. Такі умови значно ускладнюють роботу колони насосних штанг (КНШ), що пов'язано з появою напружень згину в тілі штанг та зношуванням з'єднуючих штангових муфт внаслідок тертя по внутрішній поверхні насосно-компресорних труб (НКТ) на скривлених ділянках. Так, практика експлуатації глибинонасосних свердловин свідчить, що близько половини відмов елементів підземного обладнання відбувається через взаємне зношування муфт і НКТ. Зношування призводить до передчасних відмов: руйнування колони штанг в тілі зношених муфт та порушення герметичності НКТ і як наслідок до складних підземних ремонтів, збільшення витрат НШ і НКТ та зниження добутку нафти через вимушені простой. Крім того, напруження згину в тілі штанг зменшують опір корозійній втомі, прискорюють ріст корозійних тріщин і, таким чином, призводять до важких аварій внаслідок обриву КНШ. При високій інтенсивності скривлення стовбура свердловини є можливим контакт НШ з НКТ не тільки по муфті, але й по гладкій частині. В такому випадку довговічність НШ потрібно розглядати з точки зору

комплексної дії трибологічних та втомно-корозійних параметрів [1].

Для оцінки довговічності КНШ в умовах одночасної дії зношування і корозійної втоми необхідно знати напруження згину в НШ та силу контактної взаємодії НШ і НКТ на скривленій ділянці. Отже, визначення сил та напружень, що виникають на скривленій ділянці свердловини в КНШ, є актуальним завданням, вирішення якого має велику наукову і практичну цінність.

Питанню оцінки сили контактної взаємодії КНШ і НКТ на скривлених ділянках науковцями приділялося чимало уваги. Але в переважній більшості випадків автори ґрунтуються на тому, що умовно свердловина приймається вертикальною, а для більшої точності розрахунків вводять поправочні коефіцієнти [2-4]. При цьому визначається вже зусилля в точці підвіски штанг, а не на конкретних небезпечних ділянках. Зрозуміло, що така методика не дає повної картини впливу геометрії свердловини. Розрахунок сили, яка притискає штангову муфту до НКТ, було зроблено А.М.Пірвердяном [5] і уточнено В.Ф.Троїцьким. Але даний розрахунок ґрунтується на рівноскривленості НКТ і КНШ, що, на нашу думку, може призвести до значних похибок. Подібну задачу для зусиль притискання бурильної колони на скривленій ділянці обсадженої свердловини вирішено в праці [6], але розроблені авторами рівняння справедливі тільки за умови малої величини