

Результаты испытаний регистрирующей кабельной головки для геофизических исследований и промывки горизонтальных нефтегазовых скважин

Test Results of the Recording Cable Head for Logging and Cleanout Operations in Horizontal Oil and Gas Wells



П.В. РЕВЯКОВ, инженер-технолог 1-й категории отдела развития инновационных технологий, Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти

P. REVYAKOV, the 1st category production technologist at the Department of Innovative Technologies Development, Belarusian Oil Research and Design Institute

Слайд 1

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» с 2007 года эксплуатирует колтюбинговые установки и оборудование СЗАО «ФИДМАШ». В 2018 году была поставлена установка типа МК-30Т-10 на базе шасси МЗКТ с тяговым усилием инжектора 27 тонн и возможностью работы с ГНКТ диаметром 38,1 мм, длиной до 6200 м. Эта колтюбинговая установка выполняет колтюбинговые операции на внешнем сервисе.

Слайд 2

В 2012 году в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»

Slide 1

State Production Association Belarusneft has been operating coiled tubing units and equipment manufactured by FIDMASH CJSC since 2007. In 2018, FIDMASH CJSC supplied a МК-30Т-10 CT unit based on MZKT chassis with a 27-tons injector pull force and the ability to work with coiled tubing with a diameter of 38.1 mm and a length of up to 6,200 m. This coiled tubing unit performs coiled tubing operations as an external service.

Установка колтюбинговая МК-30Т-10 (2018 г. п.)

1

Базовое шасси – МЗКТ-652760.

Масса полная, не более – 59 000 кг.

Максимальное рабочее давление – 70 МПа.

Максимальное тяговое усилие инжектора: FM127 – 270 кН.

Диаметр ГНКТ – до 44,45 мм.

Максимальная длина ГНКТ на барабане:

– при диаметре ГНКТ 38,1 мм, толщине стенки 3,4 мм – 5500 м;

– при диаметре ГНКТ 38,1 мм, переменной толщине стенки и диаметре сердечника барабана 1600 мм – 6200 м;

– при диаметре ГНКТ 44,45 мм – 4100 м.



СЗАО «ФИДМАШ» была поставлена подобная колтюбинговая установка МК-30Т-10 на базе шасси МЗКТ с тяговым усилием инжектора 27 тонн, которая выполняет сервисные работы за рубежом.

Слайд 3

На нефтяных месторождениях РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» с 2007 года колтюбинговые работы на скважинах проводятся с установкой МК-30Т тяговым усилием инжектора 36 тонн.

С помощью модернизированной МК-30Т в Беларуси ведутся работы не только согласно геолого-техническим мероприятиям, но и опытно-промысловые испытания нового

Slide 2

In 2012, a similar coiled tubing unit MK-30T-10 based on MZKT chassis with a 27-tons injector pull force was supplied by CJSC FIDMASH to Production Association Belarusneft. Currently, this unit performs service operations abroad.

Slide 3

Since 2007 coiled tubing operations at oil fields of Production Association Belarusneft have been performed with MK-30T unit with an injector pull force of 36 tons.

Upgraded MK-30T is used not

Установка колтюбинговая МК-30Т-10 (2012 г. п.)

2

Базовое шасси – МЗКТ-65276.

Масса полная, не более – 59 000 кг.

Максимальное рабочее давление – 70 МПа.

Максимальное тяговое усилие инжектора: FM127 – 270 кН.

Диаметр ГНКТ – до 44,45 мм.

Максимальная длина ГНКТ на барабане:

– при диаметре ГНКТ 38,1 мм – 6200 м;

– при диаметре ГНКТ 44,45 мм – 4100 м.



оборудования, техники и колтюбинговых технологий. Информация о результатах наземных и внутрискважинных испытаниях регистрирующей кабельной головки (РКГ) разработки БелНИПИнефть будет предоставлена на следующих слайдах.

Слайд 4

В последнее время чаще вводятся в эксплуатацию горизонтальные скважины с протяженностью горизонтального участка более 500 м, где наиболее эффективным способом доставки геофизических приборов в скважины является доставка приборов с помощью ГНКТ. Однако в горизонтальных скважинах до или в процессе геофизических работ иногда требуется выполнить

only for standard well interventions, but also for pilot testing of new equipment, machinery and coiled tubing technologies in Belarus. Information on the results of surface and downhole tests of the recording cable head developed by BelNIPIneft will be provided on the following slides.

Slide 4

Horizontal wells with the length of horizontal section of more than 500 m have been recently commissioned more often. The most effective technology to convey logging tools in these wells is coiled tubing.

Установка колтюбинговая МК-30Т (2007 г. п.)

Транспортная база – полуприцеп МЗКТ-99892.
 Масса полная, не более – 59 000 кг.
 Максимальное рабочее давление – 70 МПа.
 Максимальное тяговое усилие инжектора: FM 236 – 360 кН.
 Диаметр ГНКТ – до 60,3 мм.
 Максимальная длина ГНКТ на барабане: при диаметре ГНКТ 60,3 мм (толщина стенки – 4,45 мм) – 3150 м.
 В 2018 году выполнено обновление оборудования: инжектор FM 236;
 герметизатор ГТ 100-70; измерительно-регистрационный комплекс СКР-43-20.



технологические операции: промывку насосно-компрессорных труб (НКТ) и забоя скважины (обеспечение дохождения приборов до интервала исследований); исследование скважины с вызовом притока (закачка азота).

Поэтому было принято решение разработать внутрискважинное оборудование, которое позволит проводить геофизические исследования со стандартными геофизическими приборами, а также выполнять промывку, вызов притока нефтегазовых скважин с регистрацией забойных параметров в режиме реального времени с применением одной ГНКТ, оснащенной геофизическим кабелем.

Для достижения этой цели выполнены работы: оснащение гибкой трубы ►

However, in horizontal wells before or during logging operation, it is sometimes necessary to perform technological operations: tubing and bottomhole cleanout (ensuring that tools reach the testing interval); well testing with nitrogen lifting.

Therefore, it was decided to develop downhole equipment which will allow to perform logging operations with standard logging tools and carry out cleanout and nitrogen lifting with the ability to monitor downhole parameters in real time using a single coiled tubing equipped with a logging cable.

To achieve this goal the following operations were performed: ►

Цель разработки оборудования

4

Цель: разработка оборудования, позволяющего с применением одной ГНКТ обеспечить выполнение:

- ГИС со стандартными геофизическими приборами по кабельному каналу связи;
- промывку скважины с регистрацией забойных параметров в режиме реального времени.

Для достижения цели выполнены работы:

- оснащение ГНКТ геофизическим кабелем с применением кабельного инжектора;
- разработка, изготовление регистрирующей кабельной головки (РКГ) для возможности присоединения стандартных геофизических приборов или промывочных насадок.



геофизическим кабелем с применением кабельного инжектора; разработка и изготовление специализированной регистрирующей кабельной головки (РКГ) для присоединения стандартных геофизических приборов, а также промывочных насадок.

equipping the coiled tubing with a logging cable using a cable injector; development and manufacture of a specialized recording cable head for connection of standard logging tools and cleanout nozzles.

Слайд 5

В состав РКГ входят следующие модули:

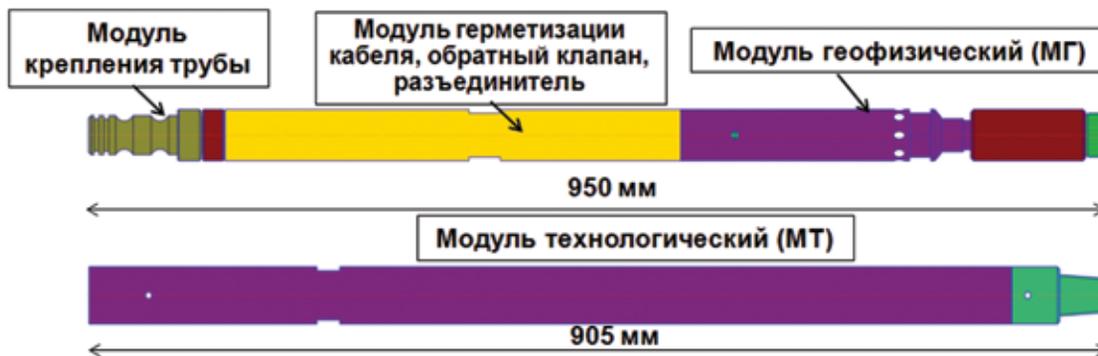
- модуль крепления трубы и кабеля обеспечивает присоединение РКГ к ГНКТ, фиксацию геофизического кабеля;
- модуль герметизации обеспечивает герметизацию жил геофизического кабеля;
- аварийный механический разъединитель обеспечивает освобождение ГНКТ с

Slide 5

Recording cable head includes the following modules:

- The connection module provides connection of a cable head to the coiled tubing and installation of the logging cable;
- The sealing module ensures the sealing of the cores of the logging cable;

Состав и технические характеристики РКГ



Технические характеристики:

- ✓ Наружный диаметр: **38–42 мм.**
- ✓ Количество жил геофизического кабеля: **1 шт.**
- ✓ Наружный диаметр геофизического кабеля: **5,5–10 мм.**
- ✓ Максимальная температура эксплуатации: **120 °С.**
- ✓ Максимальное давление эксплуатации: **40 МПа.**
- ✓ Тип рабочей жидкости: **техническая вода, нефть, пенные системы.**

- кабелем в случае прихвата геофизических приборов;
- модуль геофизический обеспечивает крепление геофизического прибора и передачу по геофизическому кабелю забойных параметров, определяемых прибором, в данном модуле предусмотрены каналы для циркуляции жидкости и закачки азота через ГНКТ;
 - модуль технологический обеспечивает измерение и передачу в режиме реального времени следующих параметров (забойное давление, забойная температура, контроль и фиксация муфтовых соединений НКТ и эксплуатационных колон, глубина спуска прибора) с возможностью циркуляции газожидкостных смесей через ГНКТ и промывочные насадки.

- The emergency mechanical disconnect ensures the release of the coiled tubing and cable in case of sticking of logging tools;
- The logging module provides logging tool installation and transfer of downhole parameters via a logging cable. This module provides channels for fluid circulation and nitrogen injection via coiled tubing;
- The technological module provides real-time measurement and transfer of the following parameters (bottomhole pressure, bottomhole temperature, depth of tubing and production strings couplings, logging tool depth) with the ability to circulate gas-liquid mixtures

Технологические преимущества РКГ

6

1. Применяя один узел намотки ГНКТ с геофизическим кабелем, возможно выполнить: технологические операции (промывка), ГИС, вызов притока с закачкой азота в ГНКТ.
2. Проводится регистрация муфт лифтовой и эксплуатационной колонн скважины, т.е. получение подтверждения достижения забоя без привлечения геофизической партии.
3. В процессе освоения скважин осуществляется контроль забойных параметров (глубина, забойное давление, забойная температура) в режиме реального времени.
4. Конструкция РКГ обеспечивает целостность кабеля при аварийной ситуации.



Передача параметров осуществляется по кабельному каналу связи и поступает на модуль наземный, обеспечивающий прием и регистрацию забойных параметров от модуля технологического, а также его электропитание через геофизический кабель. Контроль и обработку измеренных параметров выполняет программное обеспечение SkadScope (разработка БелНИПИнефть).

Слайд 6

При оценке применения РКГ выявлены технологические преимущества разработанного внутрискважинного оборудования.

through the coiled tubing and cleanout nozzles.

Parameters are transferred via the cable to the surface module, which ensures the reception and recording of downhole parameters from the technological module, as well as its power supply via a logging cable. Control and processing of measured parameters is performed by SkadScope software (BelNIPIneft development).

Slide 6

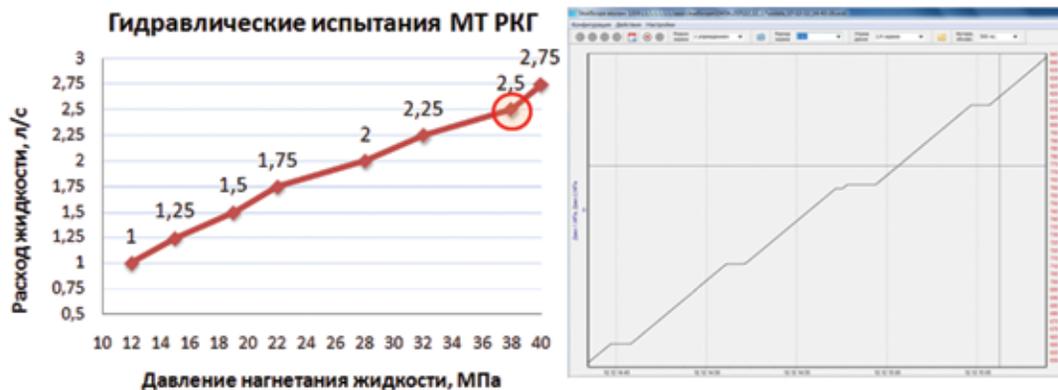
Results of the recording cable head testing demonstrated the technological advantages of the developed downhole equipment.

Стендовые испытания РКГ

Монтаж МГ и МТ РКГ с ГНКТ \varnothing 38,1 мм (длина – 5100 м, hст – 3,4 мм), оснащенной кабелем \varnothing 5,6 мм.

Результаты:

1. Подтверждена связь МГ РКГ с геофизическим прибором и системой контроля работ СКР колтюбинговой установки МК-30Т.
2. Определены гидравлические потери при прокачке жидкости через ГНКТ и МТ РКГ.
3. Выполнена опрессовка РКГ давлением 40 МПа.
4. Проверена работоспособность программного обеспечения SkadScore для работы с РКГ.



Слайд 7

До внутрискважинных работ проводились наземные испытания разработанного оборудования. Произведен монтаж модуля геофизического и модуля технологического РКГ на ГНКТ диаметром 38,1 мм (длина – 5100 м, толщина стенки – 3,4 мм), оснащенной кабелем \varnothing 5,6 мм. Наземные испытания выполнены успешно, что подтверждают результаты испытаний.

Слайд 8

После наземных испытаний приступили к внутрискважинным испытаниям РКГ. На одной из скважин проводилась промывка парафиновой пробки в НКТ с последующим

Slide 7

Prior to well intervention, surface tests of the developed equipment were carried out. The logging module and the technological module of the recording cable head were installed on the coiled tubing with a diameter of 38.1 mm (length – 5100 m, wall thickness – 3.4 mm) equipped with a cable \varnothing 5.6 mm. Surface tests have been successfully performed, which is confirmed by the test results.

Slide 8

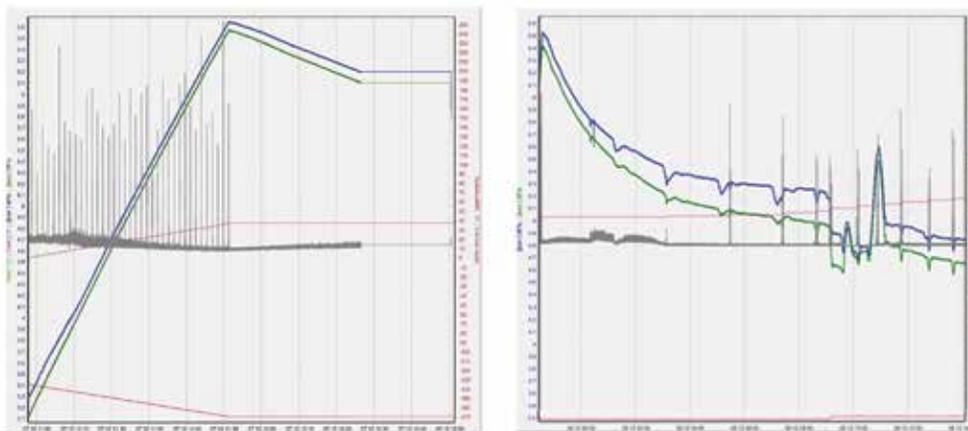
After the surface tests, the recording cable head was tested in wellbore

Исследование скважин с АНПД (нагнетание азота в ГНКТ)

8

Результаты применения РКГ:

1. Выполнено освоение: компрессирование скважины с АНПД с закачкой азота в ГНКТ \varnothing 38,1 мм, оснащенной геофизическим кабелем \varnothing 5,6 мм и РКГ. **Режимы компрессирования:** расход азота 15–15,5 м³/мин, давление нагнетания азота в ГНКТ \varnothing 38,1 мм составило 6,2–8 МПа.
2. Применение МТ РКГ позволило провести исследования в скважине с АНПД, получить данные о забойном давлении, забойной температуре, количестве и глубине установки муфтовых соединений НКТ \varnothing 73 мм в режиме реального времени.
3. В процессе СПО РКГ было зафиксировано 210 муфт НКТ \varnothing 73 мм при скорости подъема ГНКТ \varnothing 38,1 мм до 550 м/ч. Число зафиксированных муфт соответствует глубине работы в процессе компрессирования, выполнена привязка РКГ по глубине выполнения работ.



выполнением геофизических исследований. Также были сделаны гидродинамические исследования скважин с аномально низким пластовым давлением. На скважинах с аномально низким пластовым давлением выполняли исследование (компрессирование) скважины с закачкой азота в ГНКТ, оснащенной геофизическим кабелем через РКГ.

В процессе работ применение технологического модуля РКГ позволяло получать данные о забойном давлении, забойной температуре, количестве и глубине установки муфтовых соединений НКТ в режиме реального времени.

conditions. One of the wells needed a wax plug cleanout in the tubing with subsequent logging operation. The recording cable head was also used for testing of wells with abnormally low reservoir pressure. Testing of these wells was performed with nitrogen injection into the coiled tubing equipped with a logging cable with the recording cable head.

The application of the technological module of the recording cable head allowed to obtain data on bottomhole pressure, bottomhole temperature, number and depth of tubing couplings in real time.

Выполнение ГИС в горизонтальных скважинах

9

Результаты применения РКГ в процессе ГИС на ГНКТ $\varnothing 50,8$ мм (длина 4000 м, $h_{ст} - 4,45$ мм), оснащенной кабелем геофизическим $\varnothing 9$ мм:

1. Применение МГ РКГ позволяло проводить прямую промывку через ГНКТ $\varnothing 50,8$ мм, оснащенную геофизическим кабелем $\varnothing 9$ мм, с вызовом циркуляции тех. жидкости в процессе СПО шаблона и геофизического прибора без смены узлов намотки ГНКТ.
2. Выполнен комплекс ГИС с применением геофизических приборов (АИНК-43, КСА-Т12-43, МИДК-ГК-42 – присоединительный разъем типа НКБ 36) в горизонтальных участках стволов скважин длиной до 600 м.



Слайд 9

В последующем были продолжены работы с РКГ на скважинах с горизонтальными участками длиной до 600 м. На ГНКТ диаметром 50,8 мм (длина – 4000 м, толщина стенки – 4,45 мм), оснащенной кабелем геофизическим диаметром 9 мм с РКГ, проводили шаблонирование скважины и комплекс ГИС с геофизическими приборами разного типа. На некоторых скважинах при получении посадок в процессе спуска шаблона и геофизического прибора применение РКГ позволяло проводить промывку ствола скважины без смены узлов намотки ГНКТ.

Slide 9

Later on, the recording cable head was used in wells with horizontal sections up to 600 m long. Drifting run and logging runs with different logging tools were performed with a 50.8 mm diameter coiled tubing (length – 4000 m, wall thickness – 4.45 mm) equipped with a logging cable with a 9 mm diameter with the recording cable head. In some wells there were slack-off incidents during the drifting run and logging run. The recording cable head allowed to perform wellbore cleanout without changing the coiled tubing units.

Общие результаты работ с РКГ

10

1. В полном объеме выполнены **стендовые наземные испытания РКГ и программного обеспечения SkadScore.**
2. В процессе скважинных работ применение РКГ позволило:
 - 2.1. **Обеспечить промывку парафиновой пробки в НКТ с записью параметров** в режиме реального времени (забойное давление, забойная температура, глубина расположения муфтовых соединений НКТ при спуске и подъеме ГНКТ).
 - 2.2. Провести **компрессирование скважин с низким гидростатическим уровнем жидкости при закачке азота в ГНКТ, оснащенной геофизическим кабелем с контролем внутрискважинных параметров в режиме реального времени.**
 - 2.3. Провести **геофизические работы в скважинах с горизонтальными участками до 600 м.**
 - 2.4. **Исключить дополнительные финансовые затраты:**
 - амортизация и транспортные расходы на доставку дополнительного оборудования (ГНКТ без кабеля и дополнительного узла намотки ГНКТ);
 - затраты на дополнительные работы бригады при смене узлов намотки ГНКТ, переподключении гидравлической системы управления узлов намотки ГНКТ;
 - работа крана грузоподъемностью (**более 60 тонн**) для смены узлов намотки ГНКТ.

Слайд 10

По результатам работ за 2018-2019 год можно с уверенностью сказать, что применение РКГ позволяло:

- обеспечивать промывку парафиновой пробки в НКТ и последующее выполнение ГИС;
- проводить компрессирование скважин с низким гидростатическим уровнем жидкости при закачке азота в ГНКТ, оснащенной геофизическим кабелем;
- проводить геофизические работы в скважинах с горизонтальным участком длиной до 600 м.

Также применение РКГ на скважинах позволило исключить дополнительные финансовые затраты. ☉

Slide 10

Based on the results of operations in 2018-2019, it's safe to say that the use of the recording cable head allowed to perform the following operations:

- Cleanout of paraffin plugs in tubing and subsequent logging;
- Nitrogen lifting in wells with low hydrostatic fluid level with nitrogen injection into the coiled tubing equipped with a logging cable;
- Logging operations in wells with horizontal lengths up to 600 m.

In addition, the use of the recording cable head allowed to avoid additional costs. ☉