



Фомин Олег Игоревич, Консультант по нефтегазодобывающей отрасли

Oleg Fomin, Consultant, Oil & Gas Production Industry

Идентификация и учет наработки на бурильные трубы с помощью RFID-меток

Identifying and Recording Drill Pipe Operating Time Using RFID Tags

В данной статье описан прототип информационной системы, позволяющей отслеживать перемещение бурильных труб, регистрировать их текущий физический износ, а также накопление усталостных повреждений с помощью технологии RFID-идентификации.

Бурильные трубы одна из самых капиталоемких статей затрат для любого бурового предприятия. В среднем расходы на приобретение новых бурильных труб составляет около 20-25% от фонда капитальных вложений. С учетом срока полезного использования бурильных труб, который варьируется от 2 до 6 лет в зависимости от качества изготовления, условий эксплуатации и своевременного ремонта. В результате получается внушительная сумма, которую компании вынуждены тратить для поддержания своего парка бурильных труб в рабочем состоянии. Например, за 2018 год российские буровые предприятия приобрели 63 700 т стальных бурильных труб и примерно столько же списали на лом (табл. 1).

This article describes a prototype of an information system that allows you to track the movement of drill pipes, record their current physical wear, as well as the accumulation of fatigue damage using RFID technology.

Drill pipes are one of the most capital-intensive cost items for any drilling enterprise. Costs for acquiring new drill pipes is averagely about 20-25% of the capital investment fund. Considering the useful life of drill pipes, which varies from 2 to 6 years, depends on the manufacturing quality, operating conditions and timely repair. The result is an impressive amount that companies have to invest in order to maintain their stock of drill pipes in good working order. For example, in 2018, Russian drilling operators purchased 63,700 tons of steel drill pipes and decommissioned about the same for scrap (Table 1).

In spite of the fact that great importance is attached to the careful treatment of drill pipes at enterprises, the situation is generally far from ideal in real life. According to the established practice, the recording of drill pipes is conducted non-individually for each pipe, but by

Наименование	Количество, t
ТМК и Техномаш	40,700
Weima	10,000
Hilong	5,000
DP Master, Elite и импорт из Китая	5,500
Прочее	2,500
Итого	63,700

Таблица 1: Таблицу нужно перекомпановать, изменив порядок строк и убрав отступы, пример в приложении к письму.

Не смотря на то, что бережному отношению к бурильным трубам на предприятиях придается огромное значение, в действительности ситуация, как правило далека от идеала. По сложившейся практике, учет бурильных труб ведется не индивидуально на каждую трубу, а по комплектам (здесь имеется в виду фактический учет на производстве, по бухгалтерскому учету каждая из бурильных труб – это отдельное основное средство). При поступлении новых труб на предприятие технические специалисты формируют из них новый комплект, оформляют паспорт комплекта труб и далее трубы перемещаются на буровую установку для ввода в эксплуатацию. История эксплуатации труб, включая наработку по метрам проходки, часам циркуляции или оборотам ротора ведется техническими специалистами для комплекта в целом. В результате реальное состояние и текущий ресурс отдельной бурильной трубы достоверно определить невозможно, кроме как по внешним признакам ее физического износа при проведении инспекции.

В результате часто возникает ситуация, когда практически новый комплект может быть выведен из эксплуатации по причине нескольких случаев возникновения промывов бурильных труб (рис. 1). Как правило, промыв становится результатом критического накопления усталостных повреждений в теле бурильной трубы. Но поскольку средствами дефектоскопии определить трубы с критическим накоплением усталостных повреждений можно лишь на этапе, когда усталостные микротрещины уже сформированы и ресурс трубы близок к исчерпанию, то технические специалисты предпочитают перестраховаться, вывести комплект из эксплуатации и переместить его на базу хранения для дальнейшего списания.

Однако, зная индивидуальную наработку на трубу можно с высокой степенью точности заранее отбраковать «уставшие» трубы из комплекта и сохранить его в рабочем состоянии.

Name	Quantity, t
TMK and Tekhnomash	40,700
Weima	10,000
Hilong	5,000
DP Master, Elite and import from China	5,500
Other manufacturers	2,500
Total	63,700

Table 1: Drill pipes market volume in Russia for 2018 (data provided by RPI, DP Master, NOV)

sets (the actual recording at production site is meant here, each of the drill pipes is a separate fixed asset according to the accounting). When new pipes arrive at the enterprise, technical specialists form a new set, draw up a passport for a set of pipes, and then the pipes are moved to the drilling rig for commissioning. The history of pipe operations, including the operating time per drilled meters, circulation hours or rotor revolutions, is recorded by technical specialists for the set as a whole. As a result, the real condition and current life of a separate drill pipe cannot be reliably determined, except by the external signs of its physical wear during the inspection.

It often results in a situation when a practically new set can be decommissioned due to several cases of drill pipe washouts (Fig. 1). As a rule, washout becomes the result of a critical accumulation of fatigue damage in the body of a drill pipe. But since the flaw detection equipment can determine pipes with a critical accumulation of fatigue damage only at a stage when fatigue microcracks have already been formed and the pipe's life is nearly ended, technical specialists prefer to be safe, take the set out of service and move it to the storage base for further write-off.



Рис. 1: Промыв бурильной трубы
Fig 1: Drill pipe washout

Технология RFID

RFID (англ. Radio Frequency Identification — радиочастотная идентификация) — это технология бесконтактного обмена данными, основанная на использовании радиочастотного электромагнитного излучения. RFID применяется для автоматической идентификации и учета объектов.

Типовая RFID-система состоит из 3-х базовых компонентов (рис. 2):

1. RFID-меток.
2. RFID-считывателей.
3. Программное обеспечение.

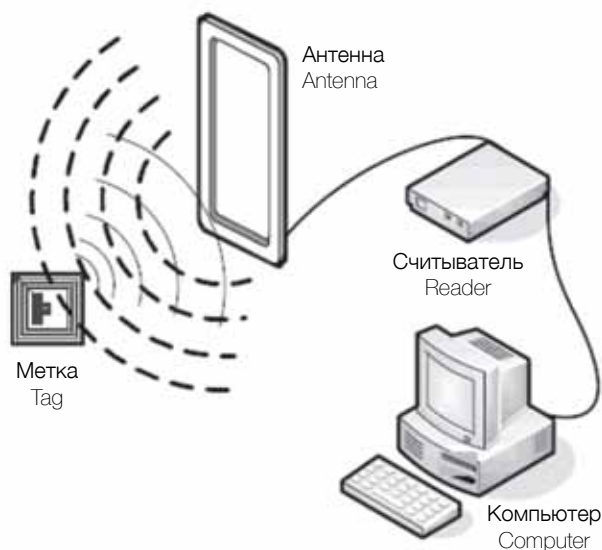


Рис. 2: Пример типовой RFID-системы
Fig 2: An example of a typical RFID system

Общая классификация RFID-меток

Конструктивно RFID-метки представляют из себя электронный чип с металлизированной антенной. Существует несколько способов классификации RFID-меток (рис. 3):

1. По рабочей частоте.
2. По источнику питания.
3. По типу памяти.
4. По исполнению.

По источнику питания:

1. Активные — имеют встроенную батарею питания и не зависят от энергии считывателя, вследствие чего считываются на большем расстоянии, а также могут иметь различные встроенные датчики температуры, ускорения, влажности и т. п.
2. Пассивные — не имеют встроенного источника питания и получают энергию путем индуцирования электромагнитного сигнала от считывателя. В отличие от активных меток, пассивные метки не излучают радиосигнал.

However, knowing the individual operating time for a pipe, it is possible to pre-reject the fatigued pipes from the set with a high degree of accuracy and keep it in good working order.

RFID Technology

RFID (Radio Frequency Identification) is a contactless data exchange technology based on the use of radio frequency electromagnetic radiation. RFID is used to automatically identify and record assets.

A typical RFID system consists of 3 basic components (Fig. 2):

1. RFID tags
2. RFID readers
3. Software

General Classification of RFID Tags

Structurally, RFID tags are an electronic chip with a metallized antenna. There are several ways to classify RFID tags (Fig. 3) by:

1. Operating frequency.
2. Power supply.
3. Memory type.
4. Design.

By Power Supply:

1. Active tags — have a built-in battery and do not depend on reader energy, due to which they are read at a greater distance, and they can also have various built-in temperature, acceleration, humidity sensors, etc.
2. Passive tags — do not have a built-in battery and receive energy by inducing an electromagnetic signal from the reader. Unlike active tags, passive tags do not emit a radio signal.
3. Semi-passive tags — operate based on the principle of a passive tag, but have a battery.

By Operating Frequency:

1. LF (Low Frequency) 125-135 kHz. “Ordinary” tag cards, key fobs for intercoms and access control systems, capsule tags for chipping of animals.
2. HF (High Frequency) 13.56 MHz. Transport travel cards, wireless bank cards, NFC devices and tags.
3. UHF (Ultra High Frequency) 860-960 MHz. Active tags and real-time positioning systems, alarm key fobs, wireless keyboards, mice.

By Memory Type:

1. RO (Read Only) tags — the data is recorded only once, immediately during manufacture. Such tags are suitable only for identification. No new information can be written in them, and it is almost impossible to fake them.
2. WORM (Write Once Read Many) tags — in addition to the unique identifier, such tags contain a block of write-once memory, which can later be read repeatedly.

2019 22-25
АПРЕЛЯ



МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
НЕФТЬ И ГАЗ 2019



INTERNATIONAL YOUTH
SCIENTIFIC CONFERENCE
OIL AND GAS 2019

#НЕФТЬиГАЗ2019
#OilAndGAS2019

К участию в конференции приглашаются специалисты
и ученые нефтегазовых компаний, отраслевых
научно-исследовательских и проектных институтов, вузов

РЕГИСТРАЦИЯ: NEFTEGAZ.GUBKIN.RU



Более
400
организаций

Более
800
научных
докладов

Более
2000
участников



3. Полу-пассивные – работают по принципу пассивной метки, но имеют батарею питания.

По рабочей частоте:

1. LF (англ. Low Frequency) — Низкочастотные: 125-135 кГц. «Обычные» метки-карточки, брелки для домофона и систем контроля доступа, метки-капсулы для «чипирования» животных.
2. HF (англ. High Frequency) — Высокочастотные: 13,56 МГц. Транспортные проездные карты, банковские беспроводные карты, устройства и метки NFC.
3. UHF (англ. Ultra High Frequency) — Сверхвысокочастотные: 860-960 МГц. Активные метки и системы позиционирования в режиме реального времени, брелки сигнализаций, беспроводные клавиатуры, мышки.

По типу памяти:

1. RO (англ. Read Only) — данные записываются только один раз, сразу при изготовлении. Такие метки пригодны только для идентификации. Никакую новую информацию в них записать нельзя, и их практически невозможно подделать.
2. WORM (англ. Write Once Read Many) — кроме уникального идентификатора такие метки содержат блок однократно записываемой памяти, которую в дальнейшем можно многократно читать.
3. RW (англ. Read and Write) — такие метки содержат идентификатор и блок памяти для чтения/записи информации. Данные в них могут быть перезаписаны многократно.

RFID-метки для бурильных труб

Для идентификации бурильных труб в мире наиболее распространены метки, выполненные по стандарту EPC Gen 2 (полностью Electronic Product Code Class 1 Generation 2). Стандарт EPC Gen 2 разработан международной организацией GS1 EPC Global, ему также соответствует стандарт ISO/IEC 18000-6C.

Усредненные технические характеристики существующих RFID-меток для бурильных труб (рис. 4):

1. Стандарт: EPC Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C.
2. Рабочая частота: UHF 863-868 МГц.
3. Память:
 - a. EPC — 96 бит, уникальный идентификатор метки.
 - b. TID — 64 бит, идентификатор производителя и модели чипа метки.
 - c. User Memory — 512 бит, хранение любой информации.
4. Тип памяти: RW — чтение и запись данных.
5. Циклы записи и считывания: 100 000.
6. Хранение данных: 10 лет.
7. Степень защиты: IP68 — пыленепроницаемый объект, выдерживающий длительное погружение в воду под давлением.



Рис. 3: Примеры RFID-меток

Fig 3: Examples of RFID tags

3. RW (Read and Write) tags — such tags contain an identifier and a block of memory for information reading/writing. The data in them can be overwritten repeatedly.

RFID Tags for Drill Pipes

The tags made on the EPC Gen 2 (fully Electronic Product Code Class 1 Generation 2) standard are the most common used in the world to identify drill pipes. The EPC Gen 2 standard is developed by the GS1 EPC Global international organization, it also complies with the ISO/IEC 18000-6C standard.

Averaged technical parameters of existing RFID tags for drill pipes (Fig. 4):

1. Standard: EPC Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C.
2. Operating frequency: UHF 863-868 MHz.
3. Memory:
 - a. EPC — 96 bits, unique tag identifier.
 - b. TID — 64 bits, tag chip manufacturer and model identifier.
 - c. User Memory — 512 bits, storing any information.
4. Memory type: RW — read and write of data.
5. Read and write cycles: 100,000.
6. Data storage: 10 years.
7. Degree of protection: IP68 — dust-resistant object that can withstand prolonged immersion in water under pressure.
8. Material: Polyetheretherketone (organic thermoplastic polymer) or stainless steel.
9. Operating temperature, at which the tag is read consistently: -40 °C to +85 °C.
10. Maximum temperature, at which the operability is maintained: -50 °C to +200 °C.
11. Dimensions: thickness 4–10 mm, diameter 10–28 mm, weight 8–30 g.
12. Reading radius: 0.5–1.5 m.
13. Cost: \$10–\$25.

Installing RFID Tags into Drill Pipes

The most convenient place recommended by manufacturers to install RFID tags is an area of the milled



РОСНЕФТЬ

САМАРАНИПИНефть
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

4 – 5 сентября 2019 года

ООО «СамараНИПИнефть»

г. Самара

IX

НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ИНЖИНИРИНГ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН»

ВЫСТАВКА СЕРВИСНЫХ КОМПАНИЙ

6 сентября 2019 года

КРУГЛЫЙ СТОЛ

«Совершенствование инженеринговых услуг
для повышения эффективности бурения
и восстановления скважин»



КОНТАКТЫ:
Куратор конференции
Чернова Лариса Александровна,
Главный специалист,
Департамент инженеринга бурения
ООО «СамараНИПИнефть»
е-mail: ChernovaLA@samnipineft.ru
телефон: (846) 205 86 88
сотовый: +7 903 302 76 39

8. Материал: Полиэфирэфиркетон (органический термопластичный полимер) или нержавеющая сталь.
9. Рабочая температура при которой метка стабильно считывается: от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.
10. Максимальная температура при которой сохраняется работоспособность: от -50°C до $+200^{\circ}\text{C}$.
11. Размеры: толщина 4 - 10 мм, диаметр 10 - 28 мм, вес 8 - 30 г.
12. Радиус считывания: 0,5 - 1,5 м.
13. Стоимость: \$10 - \$25.

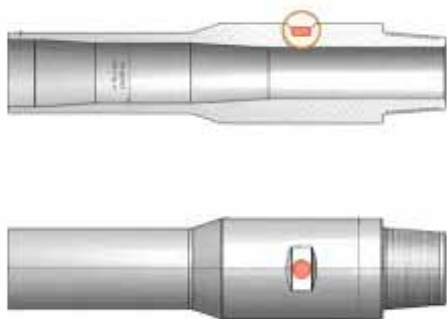


Рис. 5: Место установки RFID-метки в фрезерованном пазе бурильного замка

Fig 5: Place to install the RFID tag in a milled slot of the tool joint

Установка RFID-меток в бурильные трубы

Наиболее удобным и рекомендуемым производителями местом для установки RFID-метки является зона фрезерованного паза на теле бурильного замка со стороны ниппеля (рис. 5).

Установка метки не в зоне паза, а на округлой поверхности замка также допускается, но в таком случае метку требуется дополнительно углубить в тело, чтобы защитить от возможных повреждений при истирания поверхности бурильного замка. По мере углубления метки ухудшается её способность считываться сканером, а также уменьшается дальность считывания, поскольку окружающий металл экранирует радиочастотный сигнал между меткой и RFID-считывателем.

Для установки RFID-метки в теле бурильного замка высверливается посадочное гнездо (рис. 6). Для сверления может применяться любой сверлильный станок с возможностью надежной фиксации бурильной трубы (в т.ч. в полевых условиях). При сверлении важно обеспечить заданный диаметр и глубину посадочного гнезда для правильной установки RFID-метки.

В зависимости от конструкции RFID-метка может быть установлена путем запрессовывания или вкручивания. При установке с помощью вкручивания в посадочном гнезде метчиком нарезается резьба с требуемым шагом. Перед установкой метки размеры посадочного

slot on the body of tool joint on the pin side (Fig. 5).



Рис. 4: RFID-метки для бурильных труб по стандарту EPC Gen 2: DuraPlug 9.5 (InfoChip), Xplorer (Xerafy)

Fig 4: RFID tags for drill pipes according to the EPC Gen 2 standard: DuraPlug 9.5 (InfoChip), Xplorer (Xerafy)

Installing the tag not in a slotted area, but on a rounded surface of the tool joint is also allowed, but in this case the tag shall be further deepened into the body in order to protect it from possible damage due to abrasion of the surface of the tool joint. As the tag deepens, its ability to read by a scanner deteriorates, and the reading distance also decreases, as the surrounding metal shields the RF signal between the tag and the RFID reader.

To install the RFID tag into the body of the tool joint, a seat is drilled (Fig. 6). Any drilling machine that capable to reliably fix the drill pipe (including in field) can be used for drilling. During drilling it is essential to ensure the specified diameter and depth of a seat to correctly install the RFID tag.

Depending on its design, the RFID tag can be installed by pressing in or screwing in. The thread is tapped with a required pitch when installation is made by screwing in the seat. Before installing a tag, the seat dimensions are checked with a special template (Fig. 7), and a small amount of heat-resistant sealant is applied to the bottom of the RFID tag.

The RFID tag can be additionally attached with glue after installation. The RFID tag cannot be removed after installation; so if a replacement is necessary, it shall be drilled and a new tag shall be installed into the previous seat.



Рис. 6: Сверление посадочного гнезда для RFID-метки в бурильном замке

Fig 6: Drilling of seat for a RFID tag in the tool joint

гнезда проверяют специальным шаблоном (рис. 7), а на нижнюю часть RFID-метки наносят небольшое количество термостойкого герметика.

После установки RFID-метка может быть дополнительно закреплена с помощью клея. После установки RFID-метку невозможно извлечь, поэтому в случае необходимости замены, её высверливают и устанавливают в прежнее посадочное гнездо новую.

Проверка бурильной трубы на растяжение, кручение и усталостную прочность

Перед сверлением посадочного гнезда важно удостовериться, что данная операция не ослабит структурную целостность бурильного замка, не уменьшит его прочностные характеристики, а также усталостную прочность. Для этого выполняют проверочные расчеты, где сравнивают прочность бурильного замка в зоне посадочного гнезда для RFID-метки с наиболее уязвимыми местами: зона контакта резьбового соединения ниппеля и муфты.

Ниже приведён пример такого расчёта для одноупорных бурильных замков NC38 (для бурильных труб 89 мм) и NC50 (для бурильных труб СБТ 127 мм) группы прочности S-135 перед установкой метки Xplorer (Xerafy).

Бурильный замок	Исследуемая зона	Усталостная прочность (циклы)
Замок NC38, Ø 127 мм	Посадочное гнездо	16 (4.98)
	Ниппель	13 (5.29)
	Муфта	18 (4.20)
Замок NC50, Ø 168 мм	Посадочное гнездо	14 (2.53)
	Ниппель	12 (1.45)
	Муфта	13 (6.80)

Таблица 2: Результаты сравнения зон бурильного замка по усталостной прочности



Рис. 7: Контроль размеров посадочного гнезда для RFID-метки

Fig 7: RFID tag seat dimensional check

Checking the Drill Pipe for Tension, Torsion and Fatigue Strength

Before drilling the seat, it is important to ensure that this operation does not weaken the structural integrity of the tool joint, does not reduce its strength characteristics, and fatigue strength. For this you need to perform checking calculations, in which the tool joint strength in the area of RFID tag seat is compared to the most vulnerable places: contact area of pin and box threaded connection.

An example of such a calculation for the NC38 single-shoulder tool joints (for 89 mm drill pipes) and NC50 (for 127 mm steel drill pipes) having the S-135 strength group is given below.

The results of comparison of tool joint areas according to the fatigue strength are given in Table 2. It has been determined that a threaded connection of the pin has a lower fatigue strength than the area of the RFID tag seat (Fig. 8).

The analysis results for tensile and torsional loads are given in Table 3. It is determined that the pin and box threaded connections are weaker than the area of the RFID tag seat.

Tool Joint	Test Area	Fatigue Strength (cycles)
NC38, Ø 127 mm tool joint	Seat	16 (4.98)
	Pin	13 (5.29)
	Box	18 (4.20)
NC50, Ø 168 mm tool joint	Seat	14 (2.53)
	Pin	12 (1.45)
	Box	13 (6.80)

Table 2: Comparison results for tool joint areas according to the fatigue strength

Thus, it may be concluded that after the RFID tag seat is drilled, the joint tool pin remains the weakest place in calculating tensile and torsional loads, as well as fatigue strength. Considering the fact that a body of the drill pipe is

Результаты сравнения зон бурильного замка по усталостной прочности приведены в табл. 2. Определено, что резьбовое соединение ниппеля имеет меньшую усталостную прочность, чем зона посадочного гнезда для RFID-меток (рис. 8).

Результаты анализа растягивающих и крутящих нагрузок приведены в табл. 3. Определено, что резьбовые соединения ниппеля и муфты являются более слабыми по сравнению с зоной посадочного гнезда для RFID-метки.

Бурильный замок	Исследуемая зона	Прочность на растяжение (kips)	Прочность на кручение (kft-lbs)
Замок	Посадочное гнездо	1484.04	111.05
NC38, Ø 127 мм	Ниппель	748.42	24.54
	Муфта	1046.23	19.17
Замок	Посадочное гнездо	3021.27	293.04
NC50, Ø 168 мм	Ниппель	1352.71	63.09
	Муфта	2042.90	56.98

Таблица 3: Результаты сравнения зон бурильного замка по прочности на растяжения и кручение

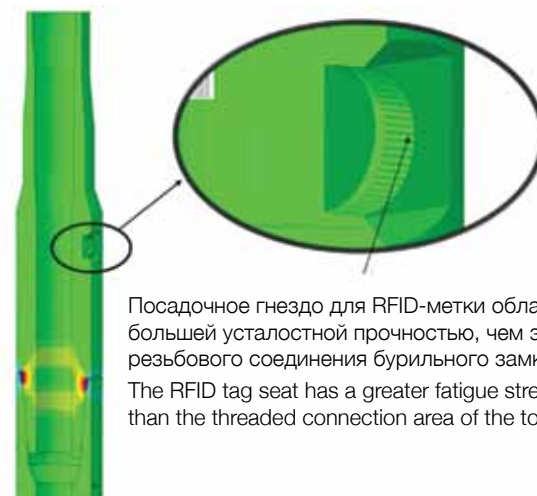
Таким образом, можно сделать вывод, что после сверления посадочного гнезда для RFID-метки, ниппель бурильного замка остается самым слабым местом при расчете растягивающий и крутящих нагрузок, а также усталостной прочности. С учётом того, что как правило, тело бурильной трубы является ещё более слабым местом по сравнению с ниппелем, то можно сделать вывод, что зона посадочного гнезда для RFID-метки не нарушает структурную целостность бурильной трубы и не ухудшает её прочностных характеристик (рис. 9).

В случае приобретения новых бурильных труб, выполнение подобных проверочных расчётов,



Рис. 9: Расчет напряжений в бурильной трубе методом конечно-элементного анализа для нахождения усталостной прочности

Fig 9: Calculation of stresses in a drill pipe by the finite element method to find a fatigue strength



Посадочное гнездо для RFID-метки обладает большей усталостной прочностью, чем зона резьбового соединения бурильного замка.
The RFID tag seat has a greater fatigue strength than the threaded connection area of the tool joint.

Рис. 8: Расчет напряжений в бурильном замке NC38 методом конечно-элементного анализа для нахождения усталостной прочности

Fig 8: Calculation of stresses in a NC38 tool joint by the finite element method to find a fatigue strength

Tool Joint	Test Area	Tensile strength (kips)	Torsional strength (kft-lbs)
NC38, Ø 127 mm tool joint	Seat	1484.04	111.05
	Pin	748.42	24.54
	Box	1046.23	19.17
NC50, Ø 168 mm tool joint	Seat	3021.27	293.04
	Pin	1352.71	63.09
	Box	2042.90	56.98

Table 3: Comparison results for tool joint areas according to tensile and torsional strengths

even weaker than the pin, it may be concluded that the RFID tag seat does not violate a structural integrity of the drill pipe and does not impair its strength characteristics (Fig. 9).

In case the new drill pipes are acquired, such checking calculations, as well as the installation of RFID tags shall be entrusted to the manufacturer. Thus, the drilling enterprise does not bear additional risks and has the ability to obtain the drill pipes with all additional options (RFID tags, hardbending, internal coating, etc.) on a turnkey basis from a single supplier with maintaining of product factory warranty.

RFID Readers

2 types of RFID readers are used to scan the RFID tags installed in drill pipes:

1. Mobile RFID readers.
2. Stationary RFID readers.

The mobile RFID readers are used to speed up and reduce the labour intensity of drill pipe inventory, search, stock control, and movement operations (Fig. 10). The mobile RFID readers compliant with the EPC Class 1 Gen

равно как и установку RFID-меток следует поручить заводу-изготовителю. Таким образом, буровое предприятие не несёт дополнительных рисков и имеет возможность получить бурильные трубы со всеми дополнительными опциями (RFID-метки, хардбендинг, внутреннее покрытие и т.д.) «под ключ» у единого поставщика с сохранением заводской гарантии на изделие.

RFID-считыватели

Для сканирования RFID-меток установленных в бурильных трубах применяют 2 типа RFID-считывателей:

1. Мобильные RFID-считыватели.
2. Стационарные RFID-считыватели.

Мобильные RFID-считыватели применяют для ускорения и уменьшения трудоемкости операций по инвентаризации, поиску, складскому учету, а также перемещению бурильных труб (рис. 10). Мобильные RFID-считыватели соответствующую стандарту EPC Class 1 Gen 2 могут регистрировать метки на дистанции до нескольких метров. Существует большой модельный ряд таких устройств, в том числе изготовленные в виде промышленных планшетов с хорошим классом защиты, позволяющим использовать их в полевых условиях.

Стационарные RFID-считыватели могут быть выполнены в виде кольца и устанавливаются на роторной площадке или под ротором буровой установки (рис. 11). Внутри такого кольца по периметру установлены антенны, подключенные к общему считывателю, которые окружают зону регистрации меток внутри кольца со всех сторон. При прохождении бурильной трубы с RFID-меткой через кольцо, автоматически происходит ее считывание.

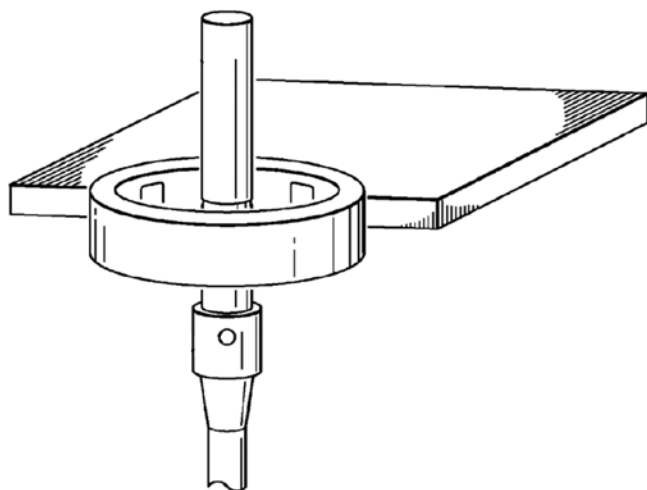


Рис. 11: Эскиз стационарного RFID-считывателя (в форме кольца)
Fig 11: Sketch of stationary RFID reader (ring-shaped)



Рис. 10: Мобильный RFID-считыватель
Fig 10: 10 Mobile RFID reader

2 standards can record tags at a distance of up to several meters. There is a large range of such devices, including those made in the form of rugged tablet PCs with a good protection class, allowing them to be used in the field.

The stationary RFID readers can be designed as a ring and are installed on a rotary platform or under a drilling rig rotor (Fig. 11). Antennas that connected to a common reader and surround the tag recording area inside the ring on all sides, are mounted inside such a ring around the perimeter. When a drill pipe with RFID tag passes through a ring, it is automatically read.

Today, many companies involved in the implementation of RFID technologies are developing similar stationary RFID readers, but only a few manufacturers can offer samples ready for industrial use, which still limits the implementation of such equipment at drilling enterprises.

The mobile and stationary RFID readers shall be connected via the Internet link to the informational system database, where all information on drill pipes is accumulated. As drill pipe operations are processed and RFID tags are read, this data is transferred to the database, where information on their condition and location is updated.

Drill Pipe Recoding Information System

A separate information system shall be deployed to process the data received from RFID readers. The information system consists of 3 basic components:

1. Database with user interface to store and process information.
2. Android application for a mobile RFID reader.
3. Software for a stationary RFID reader.

The database stores the following information on drill pipes (example):

1. General information: pipe type, manufacturer, serial and

На сегодняшний день многие компании, занимающиеся внедрением RFID-технологий, ведут разработку подобных стационарных RFID-считывателей, но готовые для промышленного использования образцы могут предложить всего несколько производителей, что пока ещё является ограничением для внедрения подобного оборудования на буровых предприятиях.

Мобильные и стационарные RFID-считыватели должны быть связаны по интернет-каналу с базой данных информационной системы, где аккумулируется вся информация по буровым трубам. По мере обработки операций с буровыми трубами и считывания RFID-меток, эти данные передаются в базу данных, где происходит обновление информации по их состоянию и местоположению.

Информационная система для учета буровых труб

Для обработки получаемых данных от RFID-считывателей необходимо развернуть отдельную информационную систему. Информационная система состоит из 3-х базовых компонентов:

1. База данных с пользовательским интерфейсом для хранения и обработки информации.
2. Android-приложение для мобильного RFID-считывателя.
3. Программное обеспечение для стационарного RFID-считывателя.

База данных хранит следующую информацию по буровым трубам (пример):

1. Общие данные: тип трубы, завод-производитель, серийный и инвентарный номер.
2. Технические характеристики: группа прочности, тип резьбы, тип высадки, внутреннее покрытие, хардбендинг.
3. Геометрические параметры: диаметр, толщина стенки, длина.
4. Текущий износ: класс износа, изгиб, состояние резьбы, результаты измерений.
5. История проведения ремонта и дефектоскопии: дата проведения, выполненные работы, подрядная организация.
6. Нарботка: метры проходки, часы циркуляции, обороты ротора, усталостные повреждения.
7. История эксплуатации: буровая установка, скважина, период работы.
8. Текущее местоположение.

Для синхронизации получаемых данных от RFID-считывателей с базой данных требуется разработать или приобрести отдельное программное обеспечение. Оно позволит получить сигнал от сканированной RFID-метки, обработать его и передать для дальнейшего

inventory number.

2. Technical parameters: strength group, thread type, upset type, internal coating, hardbanding.
3. Geometric parameters: diameter, wall thickness, length.
4. Current wear: wear class, bending, thread condition, measurement results.
5. Pipe repair and inspection history: date, work performed, contracting organization.
6. Operating time: drilled meters, circulation hours, rotor revolutions, fatigue damage.
7. Operation history: drilling rig, well, operation period.
8. Current location.

The separate software should be developed or purchased to synchronize data received from RFID readers with a database. It will allow you to receive a signal from the scanned RFID tag, process it and transmit it to the information system database for further analysis. As an example for mobile RFID readers, this could be a corporate Android application that can be installed on any Android device (smartphone, tablet PC). A technician working with such a mobile RFID reader in the field will be able to draw up a certificate for incoming inspection, flaw detection, inventory of drill pipes, as well as analyze the history of pipe operation in the Android application.

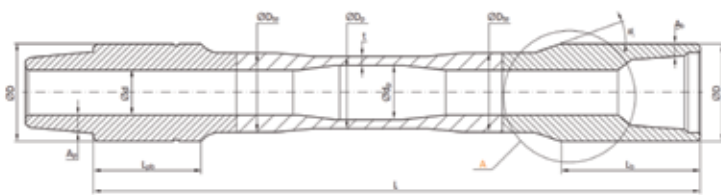
The stationary RFID reader should be equipped with a minimum amount of software sufficient to connect to the Automated Control System (ACS) of the drilling rig. The data from the stationary RFID reader will be delivered in the same way as from a conventional sensor, after which it will be transmitted with the general flow of information to the office of the drilling enterprise and then to the drill pipe recording database. The stationary RFID reader can be optionally connected to a mud logging station at the drill site, where the data on read RFID tags will be transmitted along with the data flow from the mud logging sensors.

Scenario for Performing the Drill Pipe Inspection using RFID Tags

A typical process of drill pipe inspection at a pipe yard or field may be as follows:

1. The inspector sequentially scans RFID tags on each drill pipe using a mobile RFID reader in the process of pipe inspection.
2. The inspector records data on the current wear and diagnostics results of drill pipe into the equipment card of the RFID reader.
3. Upon completion of the work, the inspector saves a document with pipe inspection results on the mobile RFID reader and sends it via the Internet link to the information system database.
4. The database operator receives a document with pipe inspection results, checks it and passes it through the information system.

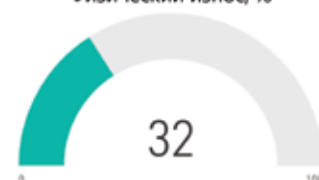
№112 - СБТ IEU, 127х*9,19, S-135, 90°, 12 м



Усталостные повреждения, %



Физический износ, %



Текущая наработка

15 тыс.

Метры проходки

200 тыс.

Обороты ротора

710

Часы циркуляции

Движение бурильной трубы

Дата проведения	Операция	Документ
20.11.2019 18:00:00	Поступление	Акт №332
11.02.2019 15:00:00	Ремонт бурильных замков	Акт №134
05.01.2019 14:00:00	Дефектоскопия	Акт №158
01.12.2018 11:00:00	Ввод в эксплуатацию	Акт №434

Показатель	Значение
d — внутренний диаметр замка, мм	69,9
D — наружный диаметр замка, мм	168,3
dp — внутренний диаметр тела трубы, мм	108,6
Dp — наружный диаметр тела трубы, мм	127
Dte — наружный диаметр зоны сварного соединения, мм	130,2
L — длина бурильной трубы, м	12,2
Lb — длина муфты замка, мм	254
Lpb — длина ниппеля замка, мм	177,8
t — толщина стенки тела трубы, мм	9,19
Вес трубы, кг	366
Внутреннее покрытие	TC2000
Группа прочности трубы	S-135
Тип посадки	IEU

Рис. 12: Окно в информационной системе для просмотра текущего состояния бурильной трубы

Fig 12: Window in the information system to view the current condition of the drill pipe

анализа в базу данных информационной системы. Например, для мобильных RFID-считывателей это может быть корпоративное Android-приложение, которое можно будет установить на любое Android-устройство (смартфон, планшет). Технический специалист при работе с таким мобильным RFID-считывателем в полевых условиях сможет формировать в Android-приложении акт входного контроля бурильных труб, дефектоскопии, инвентаризации, а также проанализировать историю эксплуатации трубы.

Стационарный RFID-считыватель следует оснастить минимальным объемом программного обеспечения, достаточного для подключения к автоматизированной системе управления (АСУ) буровой установки. Данные от стационарного RFID-считывателя будут поступать также, как и от обычного датчика, после чего передаваться с общим потоком информации в офис бурового предприятия и далее в базу данных учета бурильных труб. Опционально стационарный RFID-считыватель может быть подключен к станции ГТИ на буровой площадке, где данные о считанных RFID-метках будут передаваться вместе с потоком данных от датчиков ГТИ.

Сценарий проведения дефектоскопии бурильных труб с помощью RFID-меток

Типовой процесс проведения дефектоскопии на трубной базе или месторождении может выглядеть

- When each of the drill pipes indicated by a unique identifier in the pipe inspection results is passed through, the data on current wear, required repair, and actual location are updated.
- The actual availability of drill pipes in a drilling rig set is automatically checked with the database information at the same time, i.e. unscheduled inventory check is performed.

The results on performed pipe inspection are made available to all users of the information system for further work (Fig. 12).

Scenario for Recording the Drill Pipe Operating Time using RFID tags

The RFID technology also allows you to build the process of operating time recording in real time:

- The drill pipes equipped with RFID tags and recorded in the information system, are delivered to the drilling rig. The rotary platform of the drilling rig is equipped with a stationary RFID reader.
- When the pipe is run into the hole, it passes through the ring where a RFID tag is read. Information on the read tags along with other sensor readings is transmitted to the mud logging station.
- The mud logging station transmits data on the scanned RFID tags and data on the drilling practices into the information system database via a satellite link in real time.

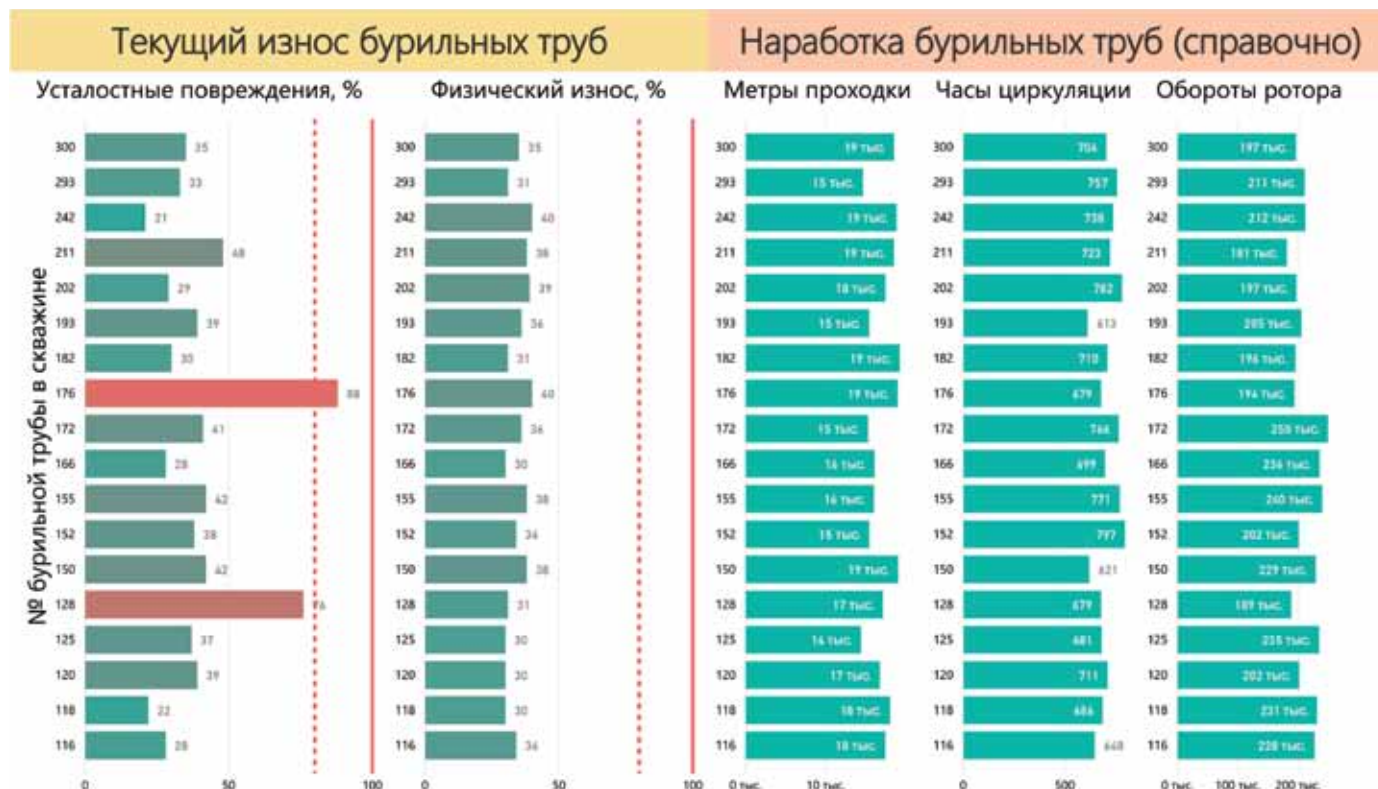


Рис. 13: Окно в информационной системе для мониторинга наработки на компоновку бурильных труб в скважине

Fig 13: 13 Window in the information system to monitor the operating time of drill pipe hookup in the well

следующим образом:

1. Инспектор с помощью мобильного RFID-считывателя последовательно сканирует RFID-метки на каждой бурильной трубе в процессе проведения дефектоскопии.
2. Данные о текущем износе и результатах диагностики бурильной трубы инспектор указывает в карточке оборудования на RFID-считывателе.
3. По окончании работ инспектор сохраняет документ с результатами дефектоскопии на мобильном RFID-считывателе и отправляет его по интернет-каналу в базу данных информационной системы.
4. Оператор базы данных получает документ о результатах дефектоскопии, проверяет его и проводит в информационной системе.
5. При совершении проводки для каждой из бурильных труб, указанных по уникальному номеру в результатах дефектоскопии, происходит обновление данных по текущему износу, требуемому ремонту, а также фактическому местоположению.
6. Одновременно проводится автоматическая проверка фактического наличия бурильных труб в комплекте на буровой установке с информацией в базе данных, т.е. внеплановая инвентаризация.

Результаты проведенной дефектоскопии становятся доступными всем пользователям информационной системы для дальнейшей работы (рис. 12).

4. The information system builds a virtual hookup of drill pipes and monitors its operation modes in the well according to logging data. For each of the drill pipe in a hookup, its current location in the well bore is compared with the actual drilling practice.

If a part of lowered pipes does not have RFID tags (for example, the contractor's equipment), the information system based on the movement of traveling block and the change in weight on hook will independently assign this equipment as unrecognized.

5. At the same time, inclinometry data used to build the actual well trajectory is fed into the database through manual entry or through integration with third-party software.
6. Considering all the collected data, the information system calculates the well trajectory, tensile and bending stresses acting on the drill pipes. Calculates the number of drilled meters, rotor revolutions, circulation hours, as well as the accumulated fatigue damage for each of the pipes in a hookup (Fig. 13). If the drill pipe reaches an operating time limit, the information system will deliver a warning on the inadmissibility of its further operation to technicians.

Thus, there is a constant update of data on the current operating time of drill pipes and their remaining life, which is available to all users of the system in real time.

Сценарий учета наработки на бурильные трубы с помощью RFID-меток

Технология RFID-идентификации также позволяет построить в реальном времени процесс учета наработки:

1. Бурильные трубы, укомплектованные RFID-метками и зарегистрированные в информационной системе, поступают на буровую установку. Роторная площадка буровой установки оснащается стационарным RFID-считывателем.
2. При спуске трубы в скважину, она проходит через кольцо, где происходит считывание RFID-метки. Информация о считанных метках вместе с прочими показаниями датчиков передается на станцию ГТИ.
3. Станция ГТИ по спутниковому каналу в реальном времени транслирует данные о сканированных RFID-метках, а также данные о режиме бурения в базу данных информационной системы.
4. В информационной системе происходит построение виртуальной компоновки бурильных труб и мониторинг режимов её эксплуатации в скважине по данным ГТИ. Для каждой из бурильных труб компоновки происходит сопоставление ее текущего положения в стволе скважины с фактическим режимом бурения.

Если часть спускаемых труб не имеет RFID-меток для идентификации (например, оборудование подрядчика), то информационная система основываясь на перемещении талевого блока и изменении веса на крюке самостоятельно выделит данное оборудование как нераспознанное.

5. Параллельно в базу данных с помощью ручного ввода или путем интеграции со сторонним программным обеспечением поступают данные по инклинометрии для построения фактической траектории ствола скважины.
6. С учетом всех собранных данных информационная система производит расчет траектории ствола, действующие на бурильные трубы растягивающие и изгибающие напряжения. Рассчитывает количество пробуренных метров, оборотов ротора, часов циркуляции, а также накопленные усталостные повреждения для каждой из труб в компоновке (рис. 13). В случае достижения бурильной трубой предельной наработки, информационная система даст предупреждение техническим специалистам о недопустимости её дальнейшей эксплуатации.

Т.о. образом происходит постоянное обновление данных по текущей наработке бурильных труб и их оставшемуся ресурсу, которая доступна всем пользователям системы в реальном времени.

Conclusion

The implementation of individual recording of drill pipes using RFID tags according to the scheme described in this article will enable drilling enterprises to increase the efficiency of their operation and reduce the cost of the life cycle:

1. To increase the useful life of drill pipes by at least 20% due to reliable information on the current condition and remaining life, which allows to operate the pipes to the maximum permissible wear, rather than to write them off ahead of time based on general data on the set.
2. To reduce the number of pipes in a set to the one directly required for drilling a well. While shaping up the set of pipes their number is to be calculated with reserve of at least 5% with account of probable sorting out in the process of operation, since pipes of different sets are now allowed to be mixed to each other or to other new pipes (as their run life data would be incorrect then). With the introduction of the individual accounting of pipes with the use of RFID, the drilling layout can be assembled from any existing pipes.
3. To reduce the cost of flaw detection and minor repairs of drillpipes by -25%. Introduction of RFID-identification will make it possible to repair only those pipes that really require some repair, based on the data of their individual run life. In stead of replacement of a complete set of pipes in the process of drilling, to repair them, it will be sufficient just to replace the most worn out portion of them, thus changing over from the strategy of the «Classic Planned and Forced repair» to the strategy of «Condition-based repair».
4. To reduce the risk of accidents related to destruction of drill pipes due to washout or failure by -30%. The information system will provide with recommendations on sorting out of drill pipes or alteration of their position in the hookup before RIH operation, based on their current run life.
5. To reduce the fleet of drill pipes by -5% by excluding from the company's fleet those pipes that have lost or unverified background of their operation and run life. The background of each pipe is stored in the information system and cannot be compromised.
6. To compare the real lifetime of drill pipes produced by different manufacturers within the correlated conditions of operation. The individual run life of pipes will demonstrate differences in the delivered products to select the best possible suppliers in the price/quality ratio and will enable the increase of usable life expectancy by +10% more, as minimum.

In the aggregate, the above advantages will provide a significant economic effect for any drilling enterprise, which is a multiple of the costs for RFID implementation.

Заключение

Внедрение индивидуального учета бурильных труб с помощью RFID-меток по описанной в данной статье схеме позволит буровым предприятиям повысить эффективность их эксплуатации и сократить стоимость жизненного цикла:

1. Увеличить срок полезного использования бурильных труб на +20% за счет достоверной информации о текущей наработке и оставшемся ресурсе, что дает возможность эксплуатировать трубы до предельно допустимого износа и не списывать раньше времени исходя из обобщенных данных по комплекту.
2. Уменьшить количество труб в комплекте до строго необходимого для бурения скважины. При формировании комплекта количество труб рассчитывается с запасом не менее 5% с учетом возможной отбраковки в процессе эксплуатации, т.к. трубы из разных комплектов нельзя смешивать между собой или с новыми трубами (данные по наработке будут некорректными). С внедрением индивидуального учета труб с помощью RFID, компоновку для бурения можно собирать из любых имеющихся труб.
3. Сократить затраты на дефектоскопию и текущий ремонт бурильных труб на -25%. Внедрение RFID-идентификации позволит вывозить в ремонт только те трубы, которые действительно требуют ремонта, основываясь на данных индивидуальной наработки. Вместо полной замены комплекта труб во время бурения для ремонта, будет достаточно заменить только наиболее изношенную часть, перейдя таким образом от стратегии «Классического планово-предупредительный ремонта» к стратегии «Ремонта по состоянию».
4. Сократить риск аварий, которые связаны с разрушением бурильных труб из-за промыва или слома на -30%. Информационная система даст рекомендации по отбраковке бурильных труб или изменению их положения в компоновке перед спуском в скважину на основании текущей наработки.
5. Уменьшить парк бурильных труб на -5% за счет исключения из парка предприятия труб с утерянной или недостоверной историей эксплуатации и наработки. История по каждой трубе хранится в информационной системе и не может быть скомпрометирована.
6. Сравнить реальный ресурс бурильных труб разных заводов-изготовителей в сопоставимых условиях. Индивидуальная наработка труб наглядно покажет разницу в поставляемой продукции для выбора лучших поставщиков по соотношению цена/качество и позволит увеличить срок полезного использования не менее, чем еще на +10%.

References

Deployment of Radio Frequency Identification (RFID) in the oil and gas industry – Norwegian Oil and Gas Association Guideline No. 112, 2010

RFID for Oil and Gas Industry: Applications and Challenges – Emad Felemban, Adil A. Sheikh, 2013

EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID – GS1 EPCglobal Inc, 2015

Fatigue Failure of Drill Pipes, Its Forecasting and Prevention — ROGTEC Magazine No. 52, Oleg Fomin, 2018

В совокупности перечисленные выше преимущества дадут существенный экономический эффект для любого бурового предприятия, кратно превышающий затраты на внедрение RFID-идентификации.

Литература

Deployment of Radio Frequency Identification (RFID) in the oil and gas industry – Norwegian Oil and Gas Association Guideline No. 112, 2010

RFID for Oil and Gas Industry: Applications and Challenges – Emad Felemban, Adil A. Sheikh, 2013

EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID – GS1 EPCglobal Inc, 2015

Усталостное разрушение бурильных труб, его прогнозирование и профилактика – ROGTEC №52, Олег Фомин, 2018

Фомин Олег Игоревич,
Консультант по нефтегазодобывающей отрасли

Oleg Fomin,
Consultant, Oil & Gas Production Industry