

Компенсация тепловых потерь-эффективный способ предотвращения АСПО и ВВЭ в скважинах

Э.Ю. Вдовин (Пермь, Россия)

center.perm@mail.ru

директор ООО «Центр ИТ»

Л.И. Локшин

Lokshin36@yandex.ru

гл.инженер ООО «Центр ИТ»

А.В. Казаков

center.perm@mail.ru

инженер ООО «Центр ИТ»

Использование нагревательных кабельных линий при компенсации тепловых потерь в скважине.

Материалы и методы

Опыт внедрений. Обработка результатов исследований

Ключевые слова

КНМПнБП, НКЛ, предотвращения АСПО

Compensation of heat losses – effective way prevent asphaltene deposition and highly viscous in wells

Authors

Eduard Y. Vdovin (Perm, Russia)

Director of Centr IT

Lev I. Lokshin

Chief Engineer of Centr IT

Aleksandr V. Kazakov

engineer of Centr IT

Abstract

Use of heating cables for compensation of heat losses in the well.

Materials and methods

Experience of implementation.

Processing of the results of research

Results

Use of heating cables to prevent asphaltene deposition and highly viscous in wells is an effective and universal method.

Conclusions

Use of heating cables to prevent asphaltene deposition and highly viscous in wells is an effective and universal method.

Stalemednye cables enables the creation of heating cable lines (NCL) all required sizes and increase reliability

1. Путевое охлаждение жидкости — основная причина АСПО

Ежегодно большие убытки нефтедобывающих предприятий связаны с потерей циркуляции и необходимостью проведения преждевременных ремонтов скважин.

Количество ПРС не снижается, несмотря на проведение регламентных работ. Во многих регионах количество ПРС, связанных с АСПО превышает 50% общего количества ремонтов. Следствием потери циркуляции скважин во многих случаях также является перегрев и потеря изоляции кабеля и ПЭД. При этом потери добычи нефти на скважинах доходят до 25 %.

Доминирующей причиной АСПО и ВВЭ является путевое охлаждение добываемой жидкости ниже точки помутнения при движении от забоя к устью.

При движении добываемой жидкости по колонне НКТ от пласта к насосу и от насоса к устью скважины происходит её охлаждение. Тепловая энергия жидкости, протекающей в колонне НКТ, рассеивается в горной породе, прилегающей к скважине. Ниже динамического уровня тепло в

горную породу передаётся через жидкость в кольцевом зазоре и эксплуатационную колонну (ЭК), выше динамического уровня – через газовую среду и ЭК. Очевидно, что тепловые потери могут существенно возрастать по сопряжённым контактным поверхностям колонны НКТ и эксплуатационной колонны.

Знание распределения тепловых потерь по глубине скважины важно для проведения технических мероприятий по их минимизации и компенсации.

Ниже в таблице 1 приведены результаты расчёта тепловых потерь для двух конкретных скважин.

Расчёт общей мощности потерь выполнен с использованием уравнения теплового баланса:

$$P = mc (T_1 - T_2)$$

Тепловые потери в скважине в горную породу складываются из трёх составляющих: через газовую среду до динамического уровня, через водонефтяную среду ниже динамического уровня и по поверхности

№ п/п	Параметр	Обозначение	Размерность	Значение	Скв. 414 (УЭЦН) Баклановка	Скв.51 (УШГН) Чугуль
1	Диаметр НКТ	D1	мм	73		
2	Внутр. диаметр Э.К.	D2	мм	130		
3	Диаметр муфт	Дм	мм	89		
4	Глубина подвески	L	м		1350	1101
5	Н дин.	Н дин	м		786	970
6	Дебит	Q	т/сут		23,6	21,2
7	Обводнённость	%	%			92
8	Температура жидкости на входе в насос	T1	°C		29,8	32
9	Температура жидкости на устье	T2	°C		7	10
10	Коэффициент теплопроводности газовой среды	λ	ккал/м. час.град	2,10x10 ⁻²		
11	Коэффициент теплопроводности жидкости	λ	ккал/м. час.град	0,55		
12	Коэффициент теплопроводности стали	λ	ккал/м. час.град	45		
13	Удельная теплоёмкость жидкости	c	ккал/кг.град		0,8	0,9
14	Общая мощность потерь	P	кВт		20,86	20,33
15	Мощность потерь через газ (выше Н дин)	Pг	кВт		0,58	0,731
16	Мощность потерь через жидкость (ниже Н дин)	Pж	кВт		11,1	2,6
17	Мощность потерь через контакт НКТ и Э/К	Pк	кВт		9,18	17,73

Таб. 1

прямого контакта НКТ и эксплуатационной колонны (ЭК).

Для приближённого расчёта составляющих мощности тепловых потерь в интервалах ниже и выше динамического уровня использована формула Фурье:

$$P = \lambda F(T_k - T_{эк}): \delta$$

Где: λ — коэффициент теплопроводности среды, F — площадь внутренней поверхности ЭК, $T_k - T_{эк}$ — разность температур поверхностей НКТ и ЭК, δ — зазор между поверхностями НКТ и ЭК.

Из приведенных примеров видно, что, при отсутствии центрирования основные потери происходят по поверхностям контакта НКТ с эксплуатационной колонной.

Из этого следует, что для снижения тепловых потерь следует технически устранить контакт НКТ с эксплуатационной колонной.

2. Приближённое определение мощности для компенсации тепловых потерь

Опыт показал, что компенсация тепловых потерь в скважине с использованием нагревательных кабельных линий является наиболее универсальным и эффективным методом предотвращения отложений АСПВ, а также снижения вязкости высоковязких эмульсии (ВВЭ).

При этом мощность, подаваемая и распределяемая в скважине, по меньшей

мере, не должна быть меньше мощности рассеиваемой в горную породу при движении жидкости. С учётом этого составлена номограмма определения мощности подаваемой в скважину по кабельной линии. Номограмма составлена с учётом параметров скважины (рис. 1).

3. Основные требования к нагревательным кабельным линиям (НКЛ)

При разработке конструкции НКЛ были учтены следующие основные требования к оборудованию:

- Обеспечение непрерывного прогрева НКТ по всему интервалу отложений НКТ.
- Обеспечение расчётной мощности НКЛ, соответствующей параметрам скважины для нагрева жидкости не ниже температуры помутнения.
- Обеспечение защиты НКЛ от перегрева.
- Обеспечение защиты НКЛ при снижении сопротивления изоляции ниже 0,5 МОм.
- Обеспечение максимального снижения потерь тепловой мощности в горную породу.
- Обеспечение защиты НКЛ при проведении СПО.
- Обеспечение возможности использования кабельной линии для одновременного прогрева НКТ и питания ПЭД установки ЭЦН.

В процессе решения поставленных задач были разработаны, изготовлены и испытаны следующие необходимые

Cable protectors (PC) provide reliable mechanical protection heating cables and significantly reduce heat loss in the well. Heating cable power lines (NKLS) while we warmed tubing and supply submersible motor can reduce the cost of equipment and operation of wells equipped installing electric submersible pump.

Keywords

Stalemedny cable, heating cable lines, prevent asphaltene deposits

References

1. Makiyenko G.P. *Kabeli i provoda, primenyaemye v neftegazovoy industrii* [Cables and wires used in the oil and gas industry]. Perm, 2004, pp. 560.
2. *International Scientific Entsiklopediya Series' Oil Engineering and Technology, International Broadcaster submersible centrifugal pumps for oil*, eds. V.Yu. Alekperova, V.J. Kershenbaum

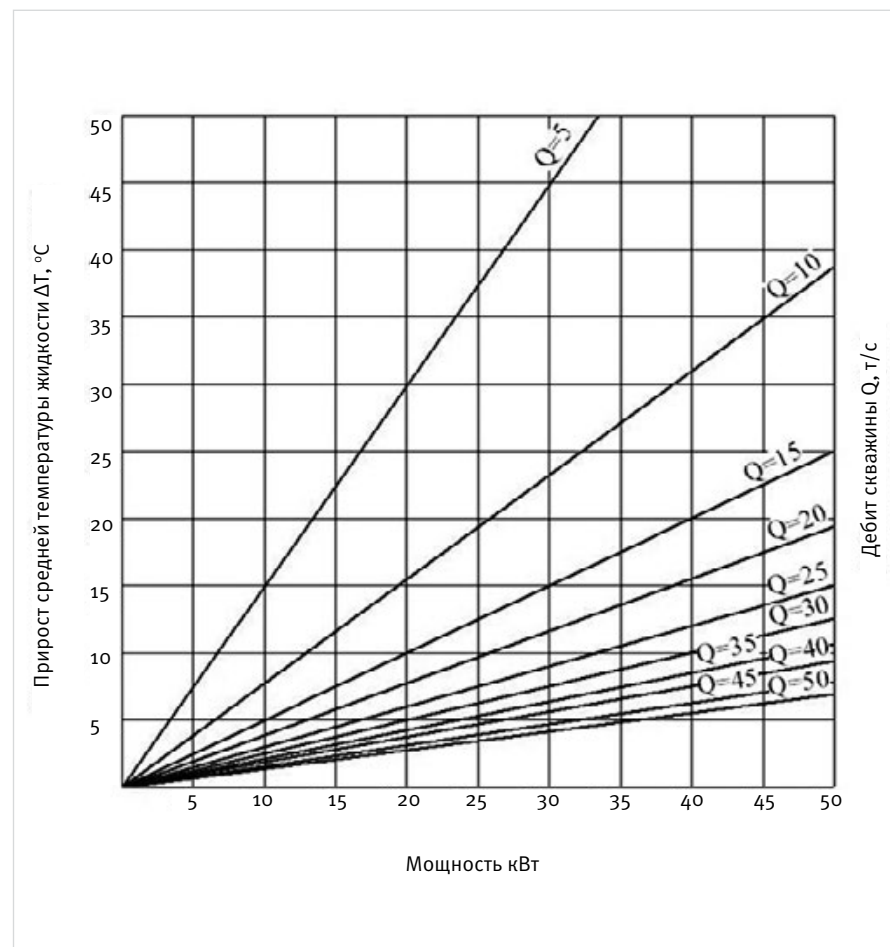


Рис. 1

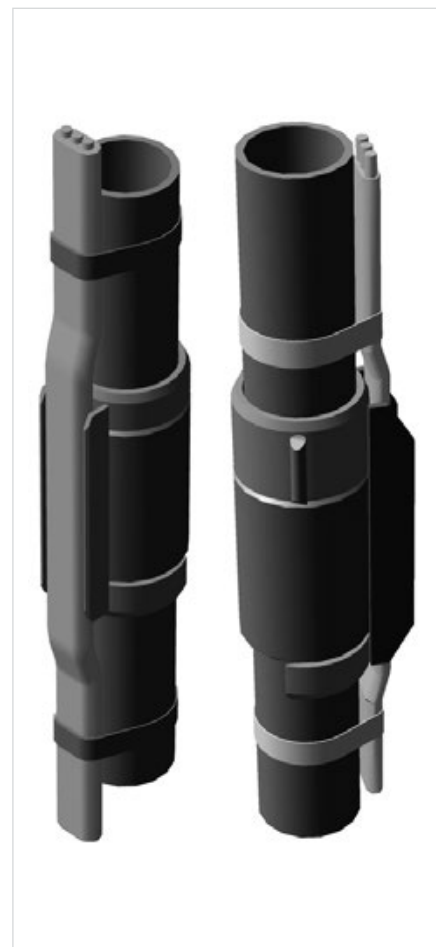


Рис. 2 — Протекторы кабельные ПК

комплектующие НКЛ:

- новый специализированный нагревательный кабель марки КНМПпБП с широким диапазоном электрических сопротивлений, что дало возможность изготавливать НКЛ различных длин и мощностей,
- специализированные станции управления, которые обеспечили надёжную защиту кабельных линий, а также минимизацию потребляемой мощности,
- специализированные протекторы кабельные ПК, обеспечившие снижение потерь тепловой мощности и надёжную защиту НКЛ от механических повреждений.

4. Нагревательные кабели КНМПпБП

Существенным недостатком применявшихся нагревательных кабелей (НК), являлось то, что возможности изготовления токопроводящих жил (ТПЖ) ограничивались тремя металлами – медь, сталь, алюминий. Нагревательные кабели с медными ТПЖ имеют низкие омические сопротивления, нагревательные кабели со стальными ТПЖ, напротив, имеют высокие омические сопротивления, нагревательные кабели с алюминиевыми ТПЖ имеют невысокую механическую прочность, что в грузонесущем исполнении ограничивает ремонтпригодность. Отмеченные недостатки были устранены путём разработки сталемедных ТПЖ с различным соотношением числа стальных и медных проволок в ТПЖ.

Нагревательные кабели КНМПпБП защищены патентом РФ № 2334375. Производство нагревательных кабелей КНМПпБП освоено в соответствии ТУ 3542-002-98059634-2009.

Вследствие введения стальных проволок в ТПЖ существенно улучшены механические свойства кабеля, что подтверждено

пятилетними промысловыми испытаниями. Кабели КНМПпБП показали высокую надёжность в самых проблемных скважинах.

5. Протекторы кабельные ПК

Протекторы кабельные ПК (рис. 2) данного типа защищены патентом РФ № 2355867. Они обеспечивают две важные функции: 1 – крепление и защиту НКЛ от механических повреждений при СПО в скважинах любой глубины и профиля, 2 – существенное снижение потерь тепловой мощности в горную породу и повышение эффективности прогрева НКТ.

Протекторы не подвержены деформациям при эксплуатации и являются элементами многоразового, многолетнего использования, при этом существенно повышают рабочий ресурс кабелей и сокращают количество ремонтов.

Протекторы поставляются на все типоразмеры НКТ и на все типоразмеры кабелей и обеспечивают:

- Надёжность, прочность, многоразовое, многолетнее использование,
- Оригинальный метод крепления. Отсутствие шарниров.
- Исключение возможности раскрытия в скважине,
- Снижение путевого охлаждения жидкости,
- Исключение необходимости крепёжных элементов,
- Исключение необходимости монтажных инструментов,
- Предотвращение контакта спускаемых кабелей с ЭК, защита брони кабеля от задирав, защита кабеля от ударных нагрузок.

Поставляются с одним или двумя каналами по заказу.

6. Нагревательные кабельные линии силовые НКЛС

НКЛС обеспечивают питание погружного двигателя ПЭД и одновременный прогрев колонны НКТ в интервале отложений единым кабелем.

Особая перспективность данной технологии заключается в существенном снижении затрат на оборудование, так как полностью используется имеющееся наземное оборудование УЭЦН, только используется специализированная кабельная линия, выполненная из сталемедного кабеля КНМПпБП.

В общем случае НКЛС состоит из трёх отводов, соединённых по специальной технологии срезками. Верхний холодный отвод протягивают из скважины через герметизирующий кабельный токоввод и соединяют с источником питания и станцией управления УЭЦН, с другой стороны его сращивают с греющим отводом, изготовленным из кабеля КНМПпБП, который подключается к погружному двигателю посредством кабельного удлинителя с муфтой. Монтаж НКЛС проводится на колонне НКТ в обычном порядке. Геометрические параметры и электрический режим НКЛС устанавливаются предварительным расчётом.

Опытно-промысловые испытания НКЛС в ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» проведены на семи скважинах.

Результаты испытаний показали перспективность данного направления – снижены затраты, получен прирост добычи. (Скв. № 408).

Итоги

Использование нагревательных кабельных линий для предотвращения АСПО и ВВЭ в скважинах является эффективным и универсальным методом.

Выводы

Использование нагревательных кабельных линий для предотвращения АСПО и ВВЭ в скважинах является эффективным и универсальным методом.

Сталемедные кабели КНМПпБП обеспечивают возможности создания нагревательных кабельных линий (НКЛ) всех необходимых типоразмеров и повышают их надёжность

Протекторы кабельные ПК обеспечивают надёжную механическую защиту НКЛ и существенно снижают тепловые потери в скважине.

Нагревательные кабельные линии силовые (НКЛС), одновременно прогревающие колонну НКТ и питающие погружной двигатель могут снизить затраты на оборудование и эксплуатацию скважин, оборудованных УЭЦН.

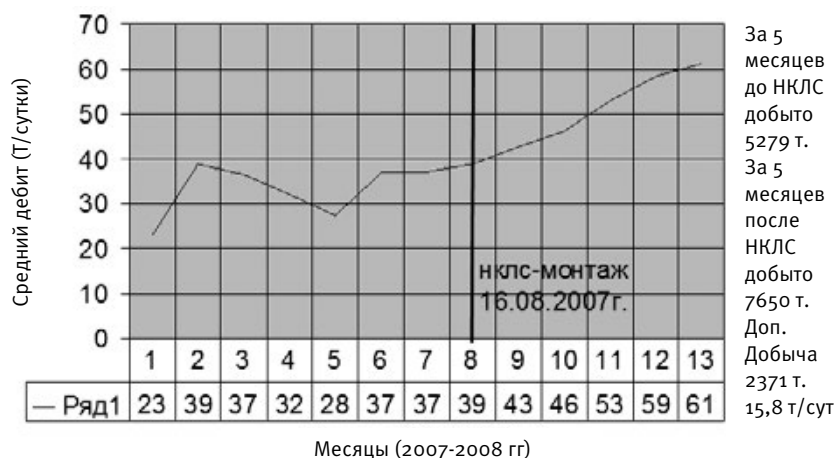


Рис. 3 — График добычи нефти (Сква. 408)

Список использованной литературы

1. Макиенко Г.П. Кабели и провода, применяемые в нефтегазовой индустрии. Пермь 2004, 560 с.

2. Международная научная инциклопедия, Серия «Нефтегазовая техника и технология», Международный транслятор Установки погружных

центробежных насосов для добычи нефти, ред. В.Ю.Алекперова, В.Я. Кершенбаума