

УДК 622.24.053

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ

Вадигуллин А.Д., Галеев А.С., Сулейманов Р.Н.¹

Филиал Уфимского государственного
нефтяного технического университета в г.Октябрьском
e-mail: ¹rsulem2005@of.ugntu.ru

Аннотация. В работе приводятся результаты предварительных испытаний разработанной авторами конструкции т.н. "теплового раскрепителя" на резьбовое соединение НКТ перед развинчиванием с целью снижения момента развинчивания. В статье описывается методика испытаний, а также процесс теплового воздействия. Рассмотрен механизм ослабления нормальных к поверхности резьбы напряжений при нагревании. Установлено, что эффект от нагрева наблюдается только в определённом интервале времени и объёма подаваемой в контейнер раскрепителя воды.

Ключевые слова: НКТ, тепловое воздействие, резьба

Основным препятствием процессу развинчивания насосно-компрессорных труб (НКТ) являются силы трения, влияние которых приводит к необходимости приложения чрезмерных моментов развинчивания, образованию задиров, повышенному износу резьбового соединения.

Известны разные методы ослабления натяга в соединении муфта-ниппель перед развинчиванием: ультразвуковое воздействие [1], тепловое воздействие [2] и т.д. Нами проведён эксперимент по оценке возможности влияния на процесс развинчивания НКТ при помощи теплового воздействия (и испытания разработанной соответствующей конструкции, названной нами «тепловым раскрепителем»).

Экспериментальная установка и методика проведения испытаний

Установка для проведения испытаний представлена на рис. 1, включающего в себя автоматический ключ АПР – 2ВБМ, в табл. 1 приведены технические характеристики автоматического ключа АПР–2ВБМ, входящего в состав установки.

Для определения усилий затяжки и «страгивания» резьбового соединения использовался тензометрический датчик типа Т - 400А, сигнал с которого передается в ПК по протоколу RS-232/485 в реальном времени. Тарировка датчика производилась при помощи весового терминала ТВ-003/05Д-П.

Измерение температуры муфты и ниппеля проводилось с помощью бесконтактного термометра - Infrared thermometer AZ Instrument - 8861.

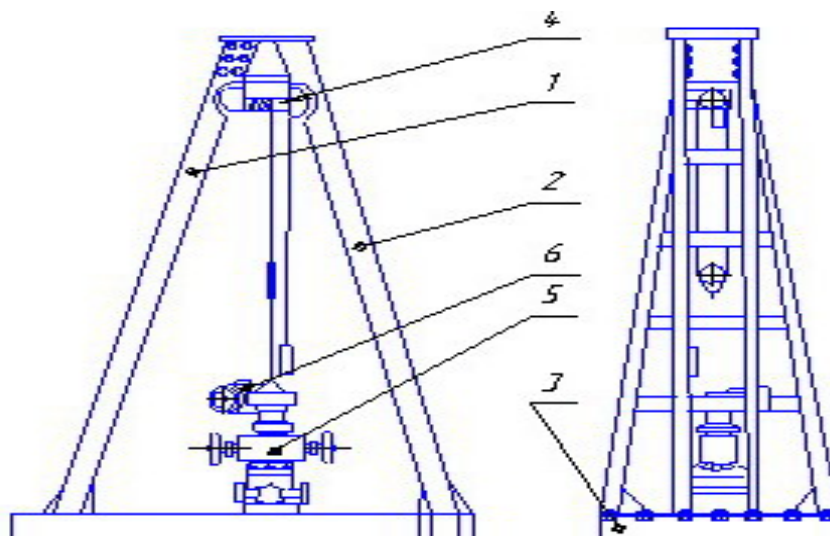


Рис. 1. Модель буровой: 1 – левая нога; 2 – правая нога; 3 – основание; 4 – электроталь; 5 – превентор; 6 – автоматический ключ АПР - 2ВБМ

Таблица 1. Технические характеристики АПР – 2ВБМ

Грузоподъемность спайдера, кН	800
Максимальный крутящий момент на водиле, Н·м	4500
Частота вращения водила, об/мин	51
Диаметр захватываемых труб, мм	48, 60, 73, 89
Привод автомата	Электрический, инерционный, взрывобезопасный
Двигатель привода	Электродвигатель АИМ 100 S4 У2,5
Габаритные размеры, мм	850×460×730
Масса, кг	
автомата в сборе	280
полного комплекта	365

Основной особенностью соединений труб и муфт нефтяного сортамента является применение конических резьб. Главным преимуществом конической резьбы является ее высокая герметичность. К испытанию были приготовлены гладкие НКТ с конической резьбой треугольного профиля с углом 60° и шагом 2,54 мм [3], – новые, нарезанные в условиях трубного цеха ООО "НКТ - Сервис" (г. Альметьевск)

Резьбовое соединение свинчивалось с применением резьбовой смазки Р-2, рекомендованной инструкцией по эксплуатации НКТ [4].

Испытания проводились в следующей последовательности: перед свинчиванием соединения на поверхность резьбы ниппеля наносилась резьбовая смазка Р-2 в количестве примерно 15 граммов, и соединение подвергалось многократно-

му свинчиванию-развинчиванию с полным выводом ниппеля из муфты после каждого цикла.

Было проведено две серии испытаний по развинчиванию НКТ:

- без теплового воздействия
- с тепловым воздействием.

Для осуществления теплового воздействия был разработан и изготовлен экспериментальный образец «теплового раскрепителя» [5] с применением аккумулятора тепла в виде стальных шариков и теплоносителя в виде воды (пара).

Температура внутренней части муфты и ниппеля трубы определялась опытным путём до и после теплового воздействия. В качестве начальной температуры принималась комнатная температура равная 25 °С

Процесс теплового воздействия заключается в следующем:

1. нагрев стальных шариков (диаметром 4,5 мм) при помощи трубчатых электронагревателей (ТЭН) небольшой мощности до температуры порядка 200 °С (15 минут);
2. установка (прижатие) контейнера с нагретыми шариками на муфте, и подача в контейнер воды (5...20 мл);
3. выдержка контейнера на муфте в прижатом к муфте состоянии в течение 4...15 с.

Испарение воды на стальных шариках и конденсация на стенках муфты позволяет осуществить быстрый перенос тепла и локально разогреть поверхность муфты, что при почти неизменной температуре ниппеля приводит к ослаблению напряжения в резьбовом соединении.

Рассмотрим (в первом приближении) механизм ослабления нормальных к поверхности резьбы напряжений при нагревание муфты.

Изменение силы трения ΔF определяется изменением напряжения $\Delta \sigma$ из закона Гука:

$$\Delta F_{\text{трения}} = k_{\text{трения}} \cdot (\Delta \sigma \cdot S) \approx k_{\text{трения}} \cdot \left(E \cdot \frac{\Delta R}{R} \cdot S \right) = k_{\text{трения}} \cdot (E \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot S), \quad (1)$$

где: R , ΔR – начальный радиус и абсолютное расширение муфты;

S – площадь резьбы (контактная);

α – коэффициент температурного расширения стали, равен $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$;

E – модуль Юнга для стали, $2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$;

Δt – изменение температуры муфты, °С;

Из формулы (1) следует, что для эффективного снижения величины силы трения (а значит, и работы, идущей на разрушение резьбы и сокращение срока ее службы) необходимо увеличение градиента температуры Δt на границе «муфта-ниппель». То есть эффективность теплового воздействия определяется условиями передачи тепла от стальных шариков к муфте, которые определяются темпе-

ратурой нагрева стальных шариков (мы ограничились 200 °С из соображений безопасности), временем воздействия, объемом используемой воды и т.д.

Температуры муфты и ниппеля в зависимости от условий воздействия изменялись со следующей закономерностью:

– при подаче в раскрепитель 10 мл воды и выдержке контейнера на муфте 4 с температуры внутренней части муфты и ниппеля трубы составили 31 °С и 27 °С (с градиентом для муфты 6 °С) соответственно, от комнатной равной 25 °С;

– при подаче в раскрепитель 10 мл воды и выдержке контейнера на муфте 15с температуры внутренней части муфты и ниппеля трубы составили 38 °С и 36 °С (с градиентом для муфты 13 °С) соответственно, от комнатной равной 25 °С;

– при подаче в раскрепитель 5 мл воды и выдержке контейнера на муфте 10 с температуры внутренней части муфты и ниппеля трубы составили 32 °С и 26 °С (с градиентом для муфты 7 °С) соответственно, от комнатной равной 25 °С;

– при подаче в раскрепитель 20 мл воды и выдержке контейнера на муфте 1 с температуры внутренней части муфты и ниппеля трубы составили 33 °С и 27 °С (с градиентом для муфты 8 °С) соответственно, от комнатной равной 25 °С;

Основные результаты измерений

Ниже приводятся характерные моментограммы свинчивания (рис. 2а) и развинчивания резьбовых соединений без (рис. 2б) и с тепловым воздействием для разных времен воздействия (рис. 3а, б), для разных объемов воды в раскрепителе (рис. 4а, б).

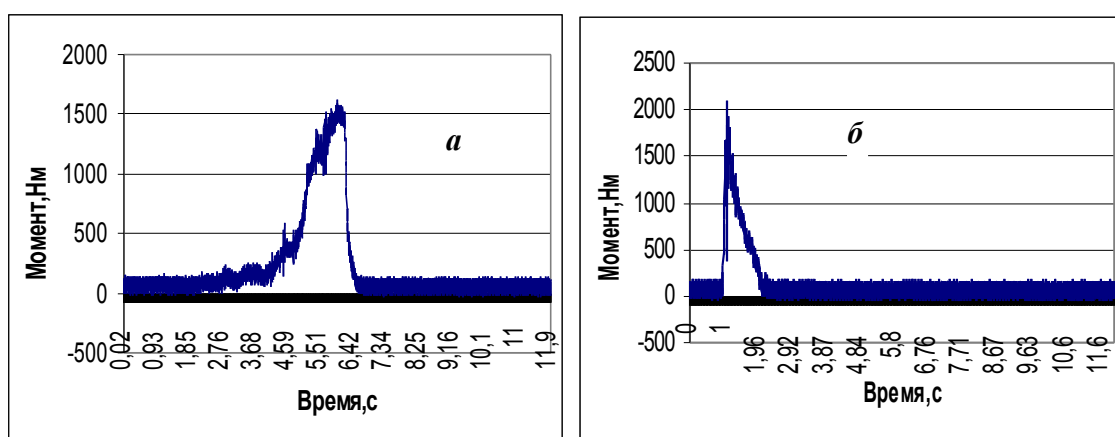


Рис. 2. Моментограмма зависимости момента на ключе АПР - 2ВБМ от времени (а - свинчивание со смазкой, б – развинчивание без теплового воздействия)

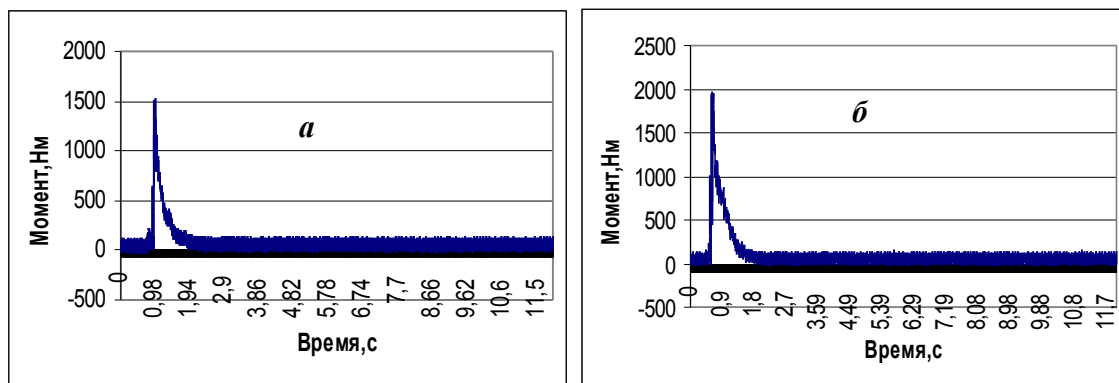


Рис. 3. Моментограмма зависимости момента на ключе АПР - 2ВБМ от времени (развинчивание с тепловым воздействием: объём воды 10 мл, выдержка 4 с (а) и 15 с (б): видно, что в случае б произошло выравнивание температуры ниппеля и муфты и момент страгивания резьбы вырос)

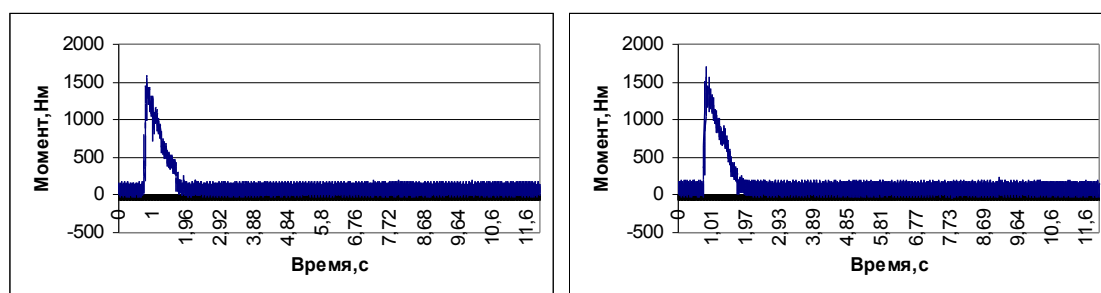


Рис. 4. Моментограмма зависимости момента на ключе АПР - 2ВБМ от времени (развинчивание с тепловым воздействием при следующих условиях: объём воды 5 мл, выдержка 10 с (а) и объём воды 20 мл с выдержкой 1 с (б))

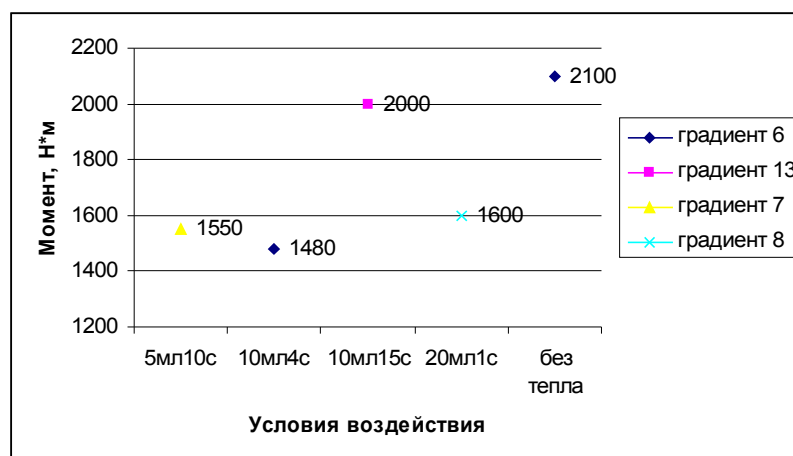


Рис. 5. График зависимости момента на ключе АПР - 2ВБМ от условий теплового воздействия (градиент температур между внутренней частью муфты и ниппелем)

Из моментограмм на рис. 3 и рис. 4а,б видно, что уменьшение величины момента развинчивания является функцией времени воздействия: если после подачи воды в раскрепитель и времени его выдержки на муфте 4 с момент развинчивания падает на 30 %, то для 15 секунд момент практически равен моменту развинчивания без теплового воздействия. Очевидно, это указывает на выравнивание температурного поля между ниппелем и муфтой.

Обсуждение результатов

При развинчивании труб без теплового воздействия (рис. 2б) момент развинчивания составляет 1900...2100 Н·м; иногда развинчивание труб сопровождается ударами.

Из моментограмм на рис. 3а и рис. 4а,б видно, что при тепловом воздействии происходит снижение максимального момента развинчивания на 10...35 % (в зависимости от условий воздействия).

Также было выявлено, что с точки зрения эффективности теплового воздействия (снижения момента развинчивания труб) равноценными оказываются следующие условия:

- подача в парогенератор 20 мл воды с выдержкой на муфте 1 с;
- подача в парогенератор 5 мл воды с выдержкой 10 с;
- подача в парогенератор 10 мл воды с выдержкой 4 с;

Выводы

1. Тепловое воздействие на резьбовое содинение в процессе развинчивания НКТ может снизить моменты страгивания до 35 %;

2. Установлено, что эффект от нагрева наблюдается только в определённом интервале времени и объёма подаваемой в контейнер раскрепителя воды – в случае длительного времени выдержки устройства на муфте, после подачи воды в контейнер, происходит расширение как муфты, так и ниппеля трубы;

3. Применение «теплового раскрепителя» легко реализуемо в промышленных условиях – нами изготовлен опытный образец, который прошел испытания в условиях цеха добычи №3 НГДУ «Азнакаевнефть» ОАО «Татнефть»;

4. Для определения оптимального времени выдержки и температуры теплоносителя (в зависимости от типоразмера применяемого НКТ) необходимо проведение специального исследования, с установлением модельных соотношений.

Литература

1. Галеев А.С., Миндиярова Н.И., Сулейманов Р.Н. Применение ультразвукового поля для повышения ресурса резьбового соединения НКТ // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2009. № 1. С. 31-35.
2. Башнин Ю.А., Ушаков Б.К., Секей А.Г. Технология термической обработки. М.: Металлургия, 1986. 113 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.1. 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 2001. 920 с.
4. Инструкция по эксплуатации насосно-компрессорных труб РД 153- 39.0-365-04, ВНИИТнефть. Самара, 2004. 69 с.
5. Патент РФ № 2422616. Тепловой раскрепитель резьбовых соединений насосно-компрессорных труб. Оpubл.: 27.06.2011. Бюл. 18.

DEVELOPMENT AND TESTING OF DEVICE FOR THERMAL INFLUENCE ON TUBING THREADED CONNECTIONS

A.D. Vadigullin, A.S. Galeev, R.N. Suleymanov ¹

*Oktyabrsky Branch of Ufa State Petroleum Technological University,
Oktyabrsky, Russia, e-mail: ¹rsulem2005@of.ugntu.ru*

Abstract. *The results of preliminary tests of design developed by authors so-called "thermal breaker" on tubing threaded connection before uncoupling for the purpose of uncoupling moment decrease are carried out in the work. The technique of tests and also thermal influence process is described in article. The mechanism of normal to thread surface tension reduction during heating is considered. It is established that the effect from heating is observed only in a certain interval of time and volume of water submitted to the breaker container.*

Keywords: *tubing, thermal influence, threading*

References

1. Galeev A.S., Mindiyarova N.I., Suleimanov R.N. Primenenie ul'trazvukovogo polya dlya povysheniya resursa rez'bovogo soedineniya NKT (Application of the ultrasonic field to increase the resource threaded connection of tubing), *Stroitel'stvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more*, 2009, Issue 1, pp. 31-35.
2. Bashnin Yu.A., Ushakov B.K., Sekei A.G. Tekhnologiya termicheskoi obrabotki (Heat treatment technology. Moscow: Metallurgiya, 1986. 113 p.
3. Anur'ev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ya: v 3 tom. (Machinist's handbook : in 3 vol.). Tom 1. 8-ed. Moscow: Mashinostroenie, 2001. 920 p.
4. RD 153- 39.0-365-04. Instruktsiya po ekspluatatsii nasosno-kompressornykh trub (Operating manual of tubing). Samara: VNIITneft, 2004. 69 p.
5. Patent of Russian Federation № 2422616. Heat breaker of threaded connections of oil-well tubing. Publ: 27.06.2011.