

Пути решения проблемы разрушения резьбовых соединений нефтепромыслового и бурового оборудования

М.В. Песин

к.т.н., доцент, докторант¹, первый заместитель директора по нефтепромысловому оборудованию²

M.Pesin@mail.ru

Д.А. Субботин

соискатель ученой степени¹

М.А. Баева

соискатель ученой степени¹

А.И. Федосеева

соискатель ученой степени¹

Р.А. Туранский

соискатель ученой степени¹

Р.К. Шакиров

соискатель ученой степени¹

А.В. Григорьева

соискатель ученой степени¹

¹кафедра «Инновационные технологии машиностроения» ПНИПУ, Пермь, Россия

²ООО «ПКНМ», Пермь, Россия

Выявлены причины разрушения резьбы нефтепромыслового и бурового оборудования в осложненных условиях эксплуатации и сделан их анализ. Рассмотрен метод обкатки резьбы роликом для увеличения ее долговечности.

Материалы и методы

Использованы методы математической статистики.

Ключевые слова

упрочнение, обкатка резьбы, остаточные напряжения, поверхностное пластическое деформирование

При бурении нефтяных и газовых скважин одним из важнейших элементов являются резьбовые соединения, которые в большой степени определяют надежность труб. Пример трубы, используемой для бурения, показан на рис. 1. Эксплуатационные характеристики труб в значительной степени влияют на технические показатели бурения и экономическую эффективность строительства скважин.

Широкое применение резьбовых соединений объясняется простотой и надежностью этого вида креплений, удобством регулирования затяжки, а также возможностью разборки и повторной сборки соединения без замены детали. Отличительной особенностью эксплуатации таких труб является воздействие больших изгибающих, крутящих, сжимающих и растягивающих нагрузок, кроме того, колонну периодически собирают и разбирают.

С ростом глубины скважин, увеличением пластовых давлений, внедрением новых технологий и форсированных режимов бурения требуются более совершенные конструкции резьбовых соединений с высокими техническими показателями по надежности, долговечности и ресурса. Традиционно для соединения изделий нефтегазового назначения используют коническую замковую резьбу в соответствии с [1].

При вращательном бурении нефтяных и газовых скважин элементы бурильной колонны работают при повышенном крутящем моменте, воздействующем при таком виде бурения. Также при бурении в сложных условиях изогнутых стволов скважин (наклонно-направленных и горизонтальных скважин, боковых стволов скважин) элементы бурильной колонны подвергаются большим изгибающим нагрузкам. В результате этого возможно обрыв колонны.

Рассмотрев статистику отказов по узлам УШГН, можно сказать, что 70–80% случаев обрыва колонны штанг проходит по телу штанги, причинами которого являются высокие нагрузки на колонну. В процессе бурения могут возникнуть осложнения, на ликвидацию

которых затрачивается большое количество времени и материальных средств, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях бурения. На устранение последствий от обрыва насосных штанг уходит около 350 тыс. руб., а при разрушении резьбы бурильных труб затрачивается порядка 1 млн руб. [4]. Поэтому важной задачей является разработка технологического обеспечения упрочняющей обработки резьбовых соединений труб нефтегазового назначения.

Большое число аварий происходит по причине срыва замковой резьбы в бурильных замках, УБТ и переводниках.

Вокруг замков и муфт, при помощи которых соединяются бурильные трубы, создаются зоны концентраций напряжений. При знакопеременных нагрузках, действующих на бурильную колонну, наибольшие напряжения концентрируются около первого витка резьбы на трубе, находящегося в полном сопряжении с резьбой бурильного замка. Слом по утолщенному концу трубы происходит и в других сечениях, расположенных на других участках трубы, или одновременно в нескольких сечениях. Но наибольшее число сломов приходится на первый полно сопряженный виток резьбы. Эта часть резьбы является наиболее опасным местом [5].

В процессе эксплуатации элементы бурильной колонны подвергаются различным видам износа. Схема причин разрушения резьбовых соединений представлена на рис. 2. В результате износа на теле трубы и резьбовых соединениях появляются надрезы, вмятины, выбоины, что изменяет их геометрические размеры и прочностные характеристики.

Абразивному износу от трения бурильной колонны о стенки скважины подвергаются замки, УБТ, переводники и тело бурильной трубы. Скорость износа зависит от абразивности горной породы, частоты контакта и силы, прижимающей бурильную колонну к стенке скважины.

Основными коррозионными агентами,



Рис. 1 – Утяжеленная буровая труба

действующими на бурильную колонну, являются: кислород, сероводород, двуокись углерода, растворенные соли и кислоты. Скорость коррозии определяется активностью среды, характеризующейся показателем концентрации водородных ионов pH (при $\text{pH} < 7$ кислая среда, скорость коррозии возрастает, при $\text{pH} > 7$ — уменьшается), температурой среды, скоростью движения промывочной жидкости, неоднородностью материала труб, величиной напряжения материала бурильных труб и других факторов. Наличие мелких трещин и других ослабленных участков, зон с повышенной напряженностью, насечек от клиньев и ключей, механических надрезов и других поверхностных дефектов способствует образованию раковин, которые также формируются и при электрических процессах, например, между парой сталь-алюминий [6].

Примеры аварий, произошедших по указанным причинам. В скважине диаметром 243 мм на глубине 2101 м (при забое 2530 м) сломалась в утолщенном конце бурильная 114-мм колонна. При помощи колокола подняли 450 м труб, затем произошло затяжка. При натяжении с усилием до 1600 кН колонна оборвалась, получился прыжок ее вместе с ведущей трубой и низ бурильной колонны начал падать. При ударе о ротор ведущая труба оборвалась по телу у переводника. Бурильная колонна упала в скважину и встала в два ряда на глубине 1349 м. Извлечь бурильные трубы не удалось, и скважина была ликвидирована.

На соединения типа «ниппель-муфта» действуют большие осевые нагрузки и крутящие моменты, динамические вибрации, изгибающие моменты. Помимо этого они подвергаются воздействию агрессивной среды. Все это ведет к разрушению резьбового соединения и последующим авариям, вследствие которых затраты составляют от нескольких сотен тысяч до миллиона долларов. Именно поэтому есть необходимость в повышении усталостной прочности резьбовых соединений [4].

Повышение качества труб УБТ в их замковой части также обеспечивает большой экономический эффект. Обрыв трубы приводит к возможной потере колонны бурильных труб и телеметрической аппаратуры — это убытки в размере 30–40 млн руб. Износ резьбовых концов из-за многократных процессов свинчивания и развинчивания тоже является критичным показателем «жизнеспособности» бурильной трубы.

На сегодняшний день в машиностроении широкое применение получили такие способы поверхностного пластического деформирования: обкатывание роликами (рис. 4), обкатывание шариками, калибрующее накатывание шариками, алмазное выглаживание, центробежная обработка, поверхностное раскатывание, деформирующее протягивание, прошивание, калибрование шариками, вибрационное обкатывание, обработка дробью [3].

Для резьб нефтегазового назначения наибольшее применение получил метод обработки предварительно нарезанной резьбы роликом. При этом производительность процесса увеличивается в 2 раза по сравнению с накатыванием резьбы традиционным способом, а себестоимость изготовления оснастки уменьшается в два раза. Данный способ расширяет технологические возможности, повышает производительность, дает возможность деформирования резьбового профиля

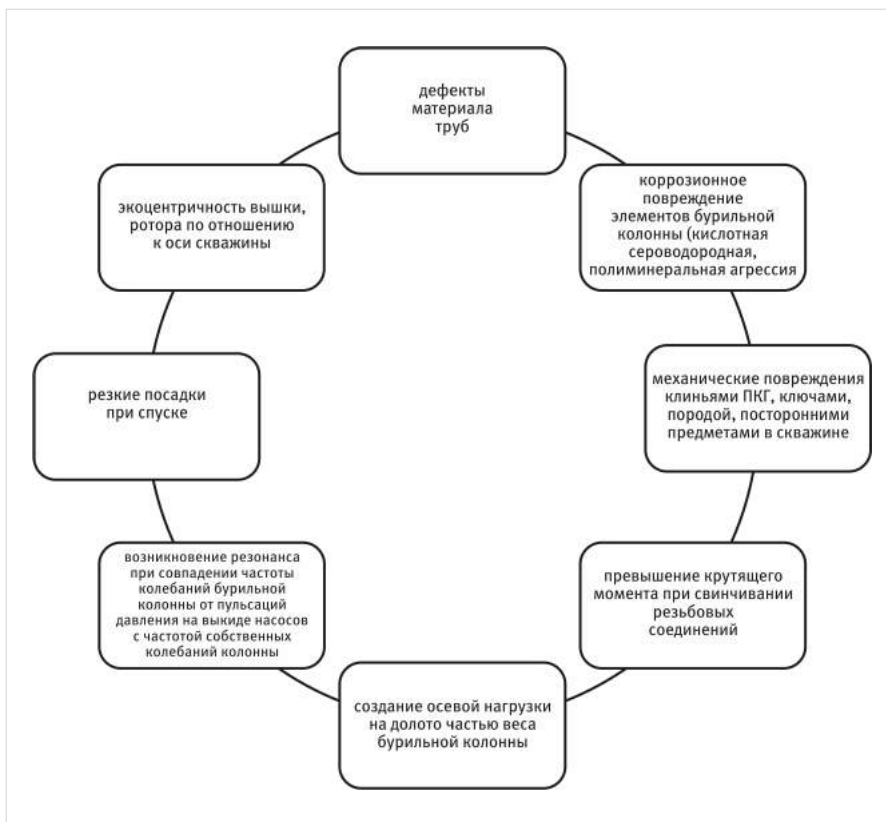


Рис. 2 — Факторы разрушения резьбовых соединений

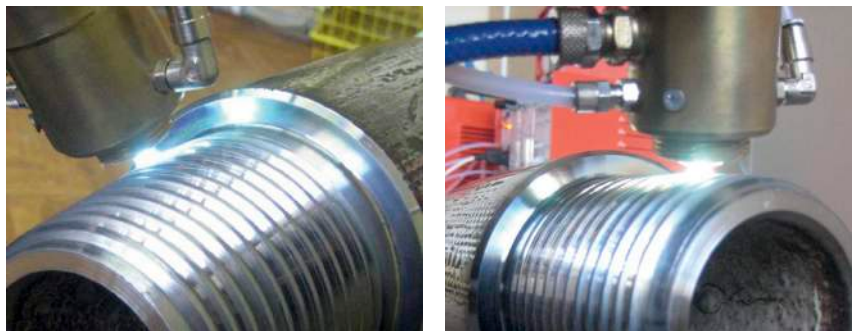


Рис. 3 — Плазменное упрочнение замковой конической резьбы

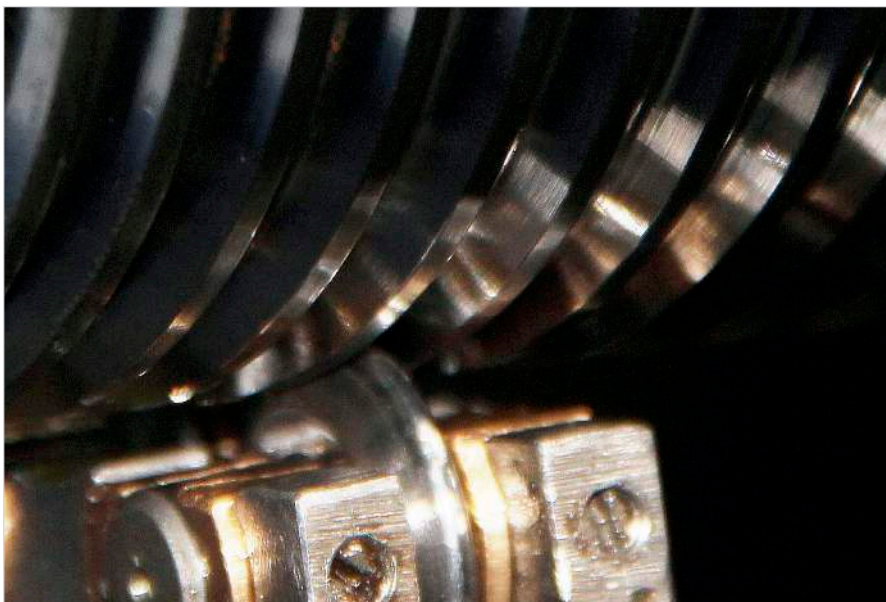


Рис. 4 — Пример обкатки резьбы роликами

за минимальное количество проходов, обеспечивает универсальность и возможность накатывания грузовых резьб, качество обработанной поверхности значительно повышается, снижает себестоимость процесса накатывания, увеличивает срок службы резьбовой поверхности и повышает ее износостойкость. Разработана методика, позволяющая прогнозировать величину деформации и остаточных напряжений во впадине резьбы [2] (рис. 5).

Итак, после серии экспериментов, можно заключить, что в процессе обкатки резьбы роликом в приповерхностных слоях материала межвитковой впадины резьбы сформировались области сжимающих напряжений,

что привело к упрочнению приповерхностного слоя и препятствует возникновению микротрещин.

Итоги

Сделана постановка задачи упрочняющей обработки впадины резьбы, проведен ряд численных экспериментов и определены остаточные напряжения.

Выводы

1. Рассмотрена статистика отказов бурового и нефтепромыслового оборудования.
2. Определены основные причины, приводящие к аварии на скважине.

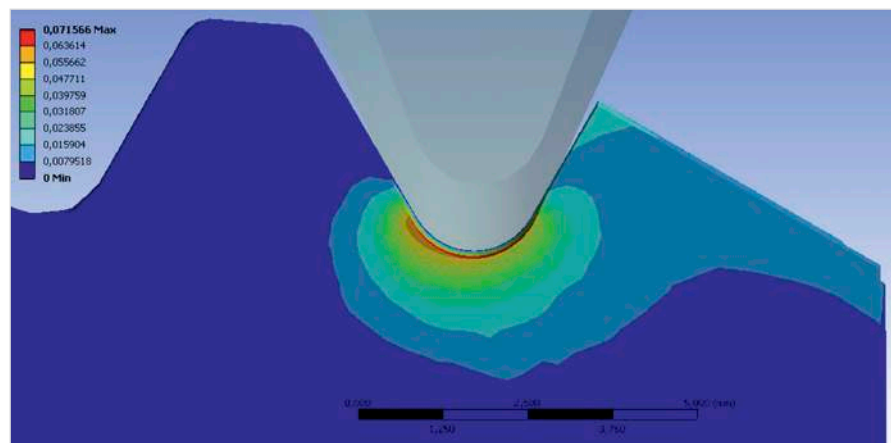


Рис. 5 — Общие перемещения во впадине резьбы

3. Даны рекомендации по использованию метода обкатки резьбы роликом для повышения надежности резьб.

Список используемой литературы

1. ГОСТ Р 50864-96 Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн. Профиль, размеры, технические требования.
2. Мокронос Е.Д., Песин М.В. Повышения надежности бурильных труб на стадии проектирования путем использования математического моделирования процесса упрочнения резьбовой поверхности // Экспозиция Нефть Газ. 2013. №2 (27). С. 56–57.
3. Песин М.В. Научные основы моделирования процесса упрочнения впадины резьбы бурильных труб обкатыванием роликом // Экспозиция Нефть Газ. 2013. №5 (30). С. 68–70.
4. Pesin M.V. Improving the Reliability of Threaded Pipe Joints. Russian Engineering Research 2012, Vol. 32, issue 2, pp. 210–212.
5. Песин М.В., Субботин Д.А., Баева М.А., Якунина А.В. Снижение себестоимости выпуска бурильных труб на основе совершенствования технологических методов упрочнения резьбы // Новые материалы и технологии – XXII. Брянск: БГИТА, 2015. Вып. 21. С. 52–55.
6. Патент №2508491 РФ. Резьбовое соединение бурильных труб. Опубликовано. 07.09.2012.

ENGLISH

DRILLING

Solutions to the problem of the destruction of the threaded joints of artificial lift and drilling equipment

UDC 621.77.07

Author:

Mikhail V. Pesin — Ph.D., assistant professor, senior lecturer¹, deputy director²

Daniil A. Subbotin — graduand¹

Maria A. Baeva — graduand¹

Anastasia V. Fedoseeva — graduand¹

Roman A. Turanskiy — graduand¹

Rishat K. Shakirov — graduand¹

Anna V. Grigor'eva — graduand¹

¹department "Innovative manufacturing engineering" perm national research polytechnic university, Perm, Russian Federation

²PKNM Ltd., Perm, Russian Federation

Abstract

It were revealed destruction sources of the thread of oilfield and drilling equipment in complicated conditions and made analysis of that sources. Deep roll thread method was considered to increase its durability.

Materials and methods

Methods of mathematical statistics are used.

Results

The problem definition of hardening of bottom of thread was made, numbers of numerical experiments were carried out and residual stresses were determined.

Conclusions

1. Bounce statistics the drilling and oilfield equipment was reviewed.

2. The main causes leading to the accident on the oil well were revealed.
3. Provided recommendations for using the running-thread roll thread to increase reliability.

Keywords

hardening, deep roll thread, residual stresses, surface plastic deformation

References

1. GOST R 50864-96 Tool-joint tapered thread for drill string elements. Profile, dimensions, technical requirements
2. Mokronosov E.D., Pesin M.V. *Povysheniya nadezhnosti buril'nykh trub na stadii proektirovaniya putem ispol'zovaniya matematicheskogo modelirovaniya protsessu uprochneniya rez'bovoy poverkhnosti* [Increasing the reliability of drill pipe in the design stage by using mathematical modeling of the process of hardening the surface of thread]. Exposition Oil Gas, 2013, issue 2 (27), pp. 56–57.
3. Pesin M.V. *Nauchnye osnovy modelirovaniya protsessu uprochneniya vpadiny rez'by buril'nykh trub obkatyaniem rolikom* [Scientific the bases of the simulation of the process of strengthening the bottom of thread of drill pipes by deep roll]. Exposition Oil Gas, 2013, issue 5 (30), pp. 68–70.
4. Pesin M.V. Improving the Reliability of Threaded Pipe Joints. Russian Engineering Research 2012, Vol. 32, issue 2, pp. 210–212.
5. Pesin M.V., Subbotin D.A., Baeva M.A., Yakunina A.V. *Snizhenie sebestoimosti vypuska buril'nykh trub na osnove sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh metodov uprochneniya rez'by* [Reducing the cost of production of drill pipe based on the improvement of technological methods of hardening of the thread]. *Novye materialy i tekhnologii* – XXII. Bryansk: BGIITA, 2015, issue 21, pp. 52–55.
6. Patent №2508491 *Rez'bovoe soedinenie buril'nykh trub* [Drill pipe fitting]. Published 07.09.2012.