

Современные технологии машиностроения для импортозамещения нефтепромыслового и бурового оборудования

М.В. Песин

к.т.н., доцент, докторант¹, первый заместитель директора по нефтепромысловому оборудованию²
M.Pesin@mail.ru

В.В. Ермаков

магистр¹

А.А. Павлович

бакалавр¹

А.Р. Юсупов

бакалавр¹

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

²ООО «ПКНМ», Пермь, Россия

Определены основные причины поломки нефтепромыслового и бурового оборудования в осложненных условиях эксплуатации и сделан их анализ. Предложен эффективный метод обкатки резьбы роликом для увеличения долговечности изделий.

Материалы и методы

Использованы методы математической статистики.

Ключевые слова

упрочнение, обкатка резьбы, остаточные напряжения, поверхностное пластическое деформирование

В добыче нефти и газа постоянно усложняются условия эксплуатации. Так, при бурении нефтяных и газовых скважин одним из важнейших элементов являются резьбовые соединения бурильных труб, именно они в большой степени определяют надежность труб. Эксплуатационные характеристики труб в значительной мере влияют на технические показатели бурения и экономическую эффективность строительства скважин.

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.

В процессе бурения могут возникнуть затраты на ликвидацию обрывов. Для подъема бурильных труб, например, затрачивается порядка 1 млн руб. [1], а при отсутствии возможности извлечь колонну труб и телеметрическую аппаратуру— до 30–40 млн руб.

Поэтому важной целью является разработка технологического обеспечения упрочняющей обработки резьбовых соединений труб.

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.

В современном машиностроении широкое применение нашли методы поверхностного пластического деформирования: обкатывание роликами, обкатывание шариками, калибрующее накатывание шариками, алмазное выглаживание, центробежная обработка, поверхностное раскатывание, деформирующее протягивание, прошивание,

калибрование шариками, вибрационное обкатывание, обработка дробью [2].

Для резьб нефтегазового назначения наибольшее применение получил метод обработки предварительно нарезанной резьбы роликом [3]. При этом производительность процесса увеличивается в 2 раза по сравнению с накатыванием резьбы традиционным способом, а себестоимость изготовления оснастки уменьшается в 2 раза [4]. Данный способ расширяет технологические возможности, повышает производительность, дает возможность деформировать резьбовой профиль за минимальное количество проходов, обеспечивает универсальность и возможность накатывания замковых резьб, качество обработанной поверхности значительно повышается, снижает себестоимость процесса накатывания, увеличивает срок службы резьбовой поверхности и повышает ее износостойкость. Для обеспечения технологического процесса обкатки бурильных труб в цеховых условиях была разработана программа по прогнозированию остаточных напряжений во впадине резьбы при ее обкатке роликом.

Разработанный комплекс обеспечивает получение технологических параметров процесса обкатки резьбовой поверхности замковой конической резьбы при вводе нагрузки на ролик и его геометрических параметров. Программа получила название PKNM Deep roll thread v 1.0 содержит банк данных вычислительных экспериментов по определению остаточных напряжений и перемещений в сечениях резьбы. Этот модуль данных представляет собой структурированный набор результатов численных экспериментов по моделированию остаточных напряжений в резьбе после обкатки роликом, в качестве объекта исследования рассматривалась модель замковой конической резьбы. Данный комплекс позволяет выбирать оптимальные с точки зрения повышения надежности нагрузки на ролик.

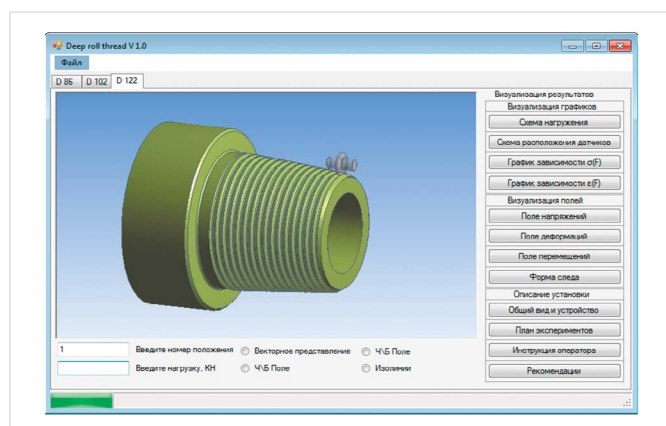


Рис. 1 — Визуализация обкатки резьбы роликом

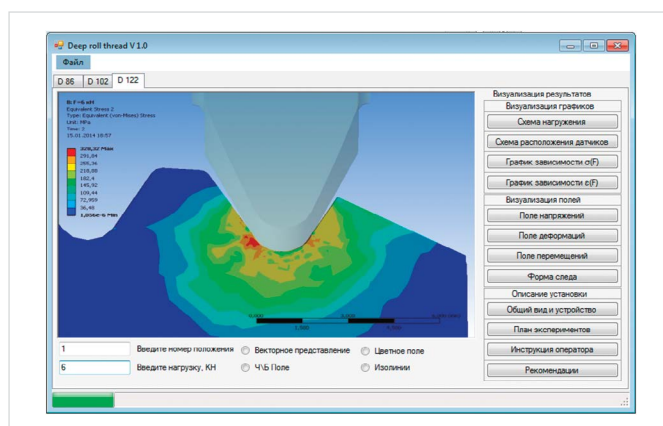


Рис. 2 — Визуализация остаточных напряжений в резьбе при обкатке

В результате работы уточнена расчетная модель, получены результаты вычислительных экспериментов по остаточным напряжениям в резьбе после обкатки, сформулированы рекомендации по упрочнению резьбовых соединений методом обкатки, на основе физических, математических и твердотельных моделей. Вычислительные эксперименты проведены с использованием лицензионного программного комплекса — инженерного анализа и средств разработки Visual Studio 2008. Разработанная программа может быть запущена на всех типах ЭВМ в исполнительной среде Windows XP SP3, а также Windows Vista и Windows 7.

Для визуализации общей расчетной схемы, для модуля Deep roll thread используется меню визуализации результатов обкатки резьбы роликом, показано на рис. 1, остаточных напряжений в резьбе при обкатке на рис. 2, нормальных напряжений в резьбе при обкатке — на рис. 3.

Для показа системы визуализации используется иерархическая топология

отображения данных, позволяющая сначала выбрать место расположения математического датчика, а в дальнейшем получить графики зависимости для определенного места расположения.

Получено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ PKNM Deep Roll Thread v 1.0 («Обкатка резьбы роликом ПКНМ версия 1.0») №2014610774, позволяющей прогнозировать величину деформации и остаточных напряжений во впадине резьбы. Даны практические рекомендации для использования программы в производстве нефтепромыслового и бурового оборудования.

Итак, проведя серию 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 это воздействует препятствует возникновению микротрещин; разработанный программный комплекс

позволяет в цеховых условиях прогнозировать величину и характер распределения остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя дна впадины резьбы в зависимости от геометрии ролика и нагрузки на него.

Итоги

Поставлена задача упрочняющей обработки впадины резьбы, проведен ряд численных экспериментов и определены остаточные напряжения. Разработана программа прогнозирования остаточных напряжений.

Выводы

1. Рассмотрены отказы бурового и нефтепромыслового оборудования.
2. Определены основные причины, приводящие к аварии на скважине.
3. Даны рекомендации по использованию метода обкатки резьбы роликом для повышения надежности резьб.

Список литературы

1. Песин М.В. Научные основы моделирования процесса упрочнения впадины резьбы буровых труб обкатыванием роликом // Экспозиция Нефть Газ. 2013. №5 (30). С. 68–70.
2. Pesin M.V. Simulation of the Technological Process of the Strengthened Treatment of the Drill Pipes Thread. Urgent Problems of Up-to-Date Mechanical Engineering: Intern. Conf., UTI TPU, December 11–12, 2014, Yurga, Russia. Durnten-Zurich: TTP, 2015. pp. 476–482.
3. Pesin M.V. Improving the Reliability of Threaded Pipe Joints. Russian Engineering Research 2012. Vol. 32. №2. pp. 210–212.
4. Патент №2508491 РФ. Резьбовое соединение буровых труб. Заявл. 07.09.2012. Опубликовано 27.02.2014.

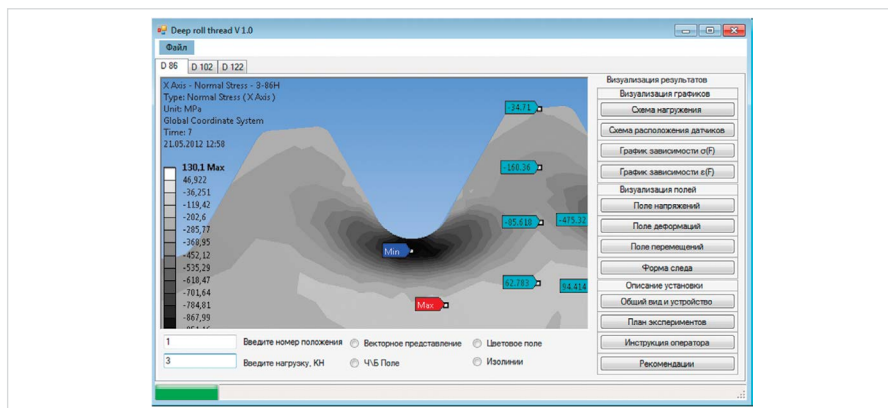


Рис. 3 — Визуализация нормальных напряжений в резьбе при обкатке

ENGLISH

PIPES

Modern engineering technology for substitution of artificial lift and drilling equipment

UDC 621.77.07

Authors:

Mikhail V. Pesin — Ph.D., Assistant professor, senior lecturer¹, deputy director²; M.Pesin@mail.ru

Vadim V. Ermakov — postgraduate¹

Aleksandr A. Pavlovich — postgraduate¹

Artem R. Yusupov — postgraduate¹

¹department “Innovative manufacturing engineering” Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

²PKNM Ltd., Perm, Russian Federation

Abstract

In the article were Identified the main causes of failure of oilfield and drilling equipment in complicated conditions and executed their analysis. An efficient method of deep roll thread to increase durability of the products was proposed.

Materials and methods

Methods of mathematical statistics are used.

Results

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

Conclusions

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

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. Pesin M.V. *Nauchnye osnovy modelirovaniya protsessa uprochneniya vpadiny rez'by buril'nykh trub obkatyvaniem 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.
2. Pesin M.V. Simulation of the Technological Process of the Strengthened Treatment of the Drill Pipes Thread. Urgent Problems of Up-to-Date Mechanical Engineering: Intern. Conf., UTI TPU, December 11–12, 2014, Yurga, Russia. Durnten-Zurich: TTP, 2015, pp. 476–482.
3. Pesin M.V. Improving the Reliability of Threaded Pipe Joints. Russian Engineering Research 2012, Vol. 32, issue 2, pp. 210–212.
4. Патент №2508491 Рез'bovoe soedinenie buril'nykh trub [Bottom of thread of drill pipes]. Declared 07.09.2012. Published 27.02.2014.