

УДК 622.276

**М. А. Баева**, студент,

Научный руководитель: **М. В. Песин**, к.т.н., доц., Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ), ЗАО «Пермская компания нефтяного машиностроения», г. Пермь

E-mail: [M.Pesin@mail.ru](mailto:M.Pesin@mail.ru)

## **Математическое моделирование технологического процесса поверхностной пластической деформации резьбы деталей машин**

*Разработаны физические и математические модели упрочняющей обработки впадины резьбы для определения технологических параметров обкатки впадины. Используются программные комплексы ANSYS и ABAQUS для определения поля остаточных напряжений.*

**Ключевые слова:** упрочнение, высокомоментные резьбовые соединения, обкатка.

**M. V. Pesin, M. A. Baeva**

## **Mathematical Simulation of the Technological Process of the Surface Plastic Deformation of the Thread of Machine Parts**

*The physical and mathematical models of the strengthened working of bottom of thread for determining the technological parameters of the deeproll are developed. Are used program set ANSYS and ABAQUS for determining the field of residual stresses.*

**Keywords:** hardening, high-torque threaded connections, deeproll.

В машиностроении одной из важных задач является повышение надежности резьбовых соединений. При проектировании новых конструкций и изготовлении труб для бурения скважин проведение натуральных экспериментов осложнено значительными затратами, поэтому разработка численного моделирования является актуальным. Установка для бурения скважин показана на рис. 1. Пример ведущей бурильной трубы показан на рис.2.



**Рис. 1. Установка для бурения скважин**

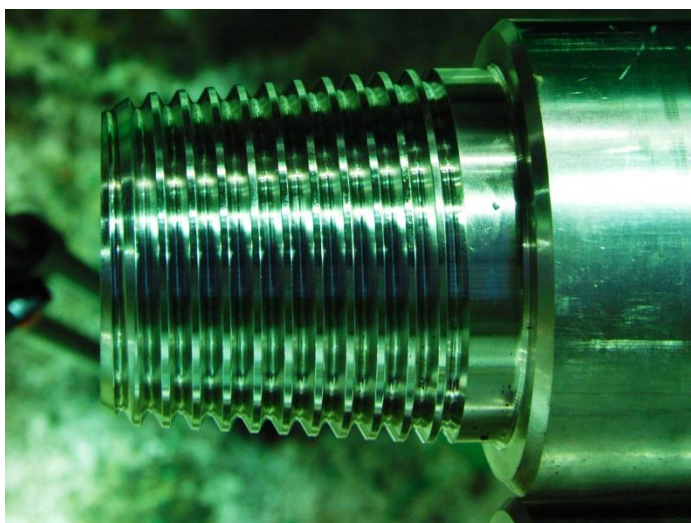


**Рис. 2. Ведущая бурильная труба**

Для этого разработаны физические и математические модели для расчета параметров упрочняющей обработки впадины резьбы. Модели позволяют на этапе проектирования определить технологические параметры упрочняющей обработки впадины резьбы, эффективность обработки, величину остаточных напряжений и микротвердости. В программных комплексах *ANSYS* и *ABAQUS* были определены поля остаточных напряжений, формируемых при обкатке резьбы роликом. В рамках численных расчетов рассмотрены две модели в статической и динамической постановке. По итогам расчетов, с использованием

статического подхода были получены графические зависимости пластических деформаций, возникающих в резьбе от прикладываемых нагрузок и диаметра ролика. По результатам численных расчетов подобран радиус при вершине ролика. Пример ниппельной части трубы показан на рис. 3.

На стадиях изготовления резьбы и ее сборки технологические факторы являются определяющими надежность резьбового соединения, здесь возникает необходимость в разработке технологии получения резьбовой поверхности деталей горных машин и последующее ее упрочнение.



**Рис. 3. Ниппельная часть**

Для решения задачи в статической постановке модель была разбита на конечные элементы, полученная конечно-элементная модель.

В соответствие с принятой физической моделью процесса разработана её математическая модель. Описание упругопластических процессов для каждого из двух контактирующих тел в указанной постановке описано в статье [2].

Для получения приближенного решения поставленной ниже задачи был использован программный комплекс *ABAQUS*, использующий традиционный для механики деформируемого твердого тела метод конечных элементов [1, 2]. В частности в силу существенной нелинейности задачи был использован модуль *Abaqus/Explicit*.

С точки зрения механики деформируемого твердого тела задача моделирования процесса обкатывания резьбы относится к трехмерным нестационарным контактными задачам упругопластического деформирования. Сложная геометрия моделируемых тел исключает возможность использования аналитических методов для решения подобной задачи. Ролик устанавливается во впадине резьбы без наклона к оси обрабатываемой детали и прижимается соответствующим усилием.

Затем труба начинает вращаться, заставляя прижатый ролик катиться по впадине резьбы.

В результате проведенного численного эксперимента по определению напряжений после обкатки роликом резьбовой поверхности бурильной трубы определена интенсивность напряжений.

Анализ результатов моделирования с использованием динамического подхода показал, что в процессе обкатывания резьбы роликом в приповерхностных слоях материала межвитковой впадины резьбы формируются области сжимающих напряжений, что приводит к упрочнению этого слоя и препятствует возникновению микротрещин. С другой стороны, в результате данного процесса в подповерхностных слоях материала резьбы могут формироваться области значительных растягивающих напряжений, что может приводить к возникновению внутренних микро- и макротрещин, приводящих к разрушению конструкции. Подбирая соответствующие параметры процесса (геометрия ролика и сила его прижатия), можно получать благоприятные для данной конструкции распределения остаточных напряжений и микротвердости.

В результате анализа полученных результатов была разработана система инженерных методик.

#### Список литературы

1. **Песин М.В.** К моделированию обкатки резьбовой поверхности бурильных труб // «Академический журнал Западной Сибири», №4 (47), 2013. С. 27-28.

2. **Песин М.В.** Повышения надежности бурильных труб на стадии проектирования путем использования математического моделирования процесса упрочнения резьбовой поверхности / М.В. Песин, Е.Д. Мокронос / «Экспозиция Нефть Газ», №2 (27), 2013. С. 56-57.