

УДК 622.276

**М. В. Песин**, к.т.н., доц., **О. Н. Балакирева**, студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ), ЗАО «Пермская компания нефтяного машиностроения», г. Пермь

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

## **Разработка методов моделирования обкатки резьбы роликом**

*В статье рассмотрен метод конечных элементов для моделирования упрочнения поверхностно-пластической деформацией резьбовой поверхности деталей машин.*

**Ключевые слова:** метод конечных элементов, упрочнение резьбы.

**M. V. Pesin, O. N. Balakireva**

## **Development of the Methods of the Simulation of the Deep Roll Thread by the Roller**

*In the article is examined the method of final elements for the simulation of strengthening by the surface-plastic deformation of the threaded of the surface of machine parts.*

**Keywords:** method of the final elements, hardening of the thread.

Компьютерное или численное моделирование является одним из эффективных методов исследования процессов упрочняющей обработки металла давлением. При анализе литературных источников установлено, что моделирование процесса обкатывания роликом нарезанного профиля не достаточно исследовано, отсутствуют технологические рекомендации.

Метод конечных элементов (МКЭ) является мощным, надежным и современным средством исследования поведения конструкций в условиях разнообразных воздействий. Программа ANSYS, использующая МКЭ, широко известна и пользуется популярностью среди инженеров, занимающихся решением вопросов прочности. Средства МКЭ ANSYS позволяют проводить расчеты статического и динамического напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций, в том числе геометрически и физически нелинейных задач механики деформируемого твердого тела. Это позволяет решить широкий круг инженерных задач [1, 2].

Выбор параметров упрочнения (усилия и глубины вдавливания, радиуса края ролика и др.), обеспечивающих необходимый эффект, существенно зависит от габаритных размеров и формы детали, а также механических свойств упрочняемого материала, и, обычно, проводится на

основе результатов испытаний на усталость натуральных образцов. При проведении натуральных испытаний вызывает интерес характер распределения и величина остаточных напряжений и деформаций в поверхности резьбы, степени наклепа, параметрах цикла действующих суммарных (остаточных и эксплуатационных) напряжений. При этом без специальной аппаратуры сложно оценить эффективность назначенных режимов упрочнения изделия на сопротивление усталости. Современные компьютерные технологии позволяют моделировать механические процессы обработки деталей и определять напряженное состояние в элементах конструкций, облегчая тем самым поиск оптимальных технологических параметров.

В настоящей работе разработка модели ППД участка УБТ с конической замковой резьбой проводилась с привлечением компьютерной техники и программных продуктов, с проведением необходимых инженерных расчетов и анализом локальных механических напряжений с помощью метода конечных элементов (МКЭ).

На рисунке 1 приведена резьбовая часть ниппеля бурильной трубы, а также профиль и параметры резьбы на рисунке 2.

Для проведения исследований взята утяжеленная бурильная труба со следующими параметрами:

- наружный диаметр трубы 63,5 мм;
- диаметр внутреннего цилиндрического канала – 40 мм;
- материал обкатываемого трубы – сталь 40ХГМА с механическими свойствами: плотность  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$ ,  $\sigma_b = 965 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{0,2} = 758 \text{ МПа}$ ,  $\text{HB} = 285..341$ ,  $\delta = 13 \%$ , модуль продольной упругости Юнга  $E = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$ , коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$ .

Это позволило моделировать различные параметры обкатывания с получением результатов и установлением наиболее эффективных параметров упрочнения впадин резьбы в кратчайшие сроки [3].

МКЭ является основой для ряда современных программных систем, применяемых для расчета значительной локальной пластической деформации: *ANSYS*, *MSC.NASTRAN*, *ABAQUS*, *LS-DYNA*, *QForm*, *FORGE*, *DEFORM*, ШТАМП и др. Среди всех перечисленных программных комплексов наибольшей популярностью пользуются системы *ANSYS* и *DEFORM*.

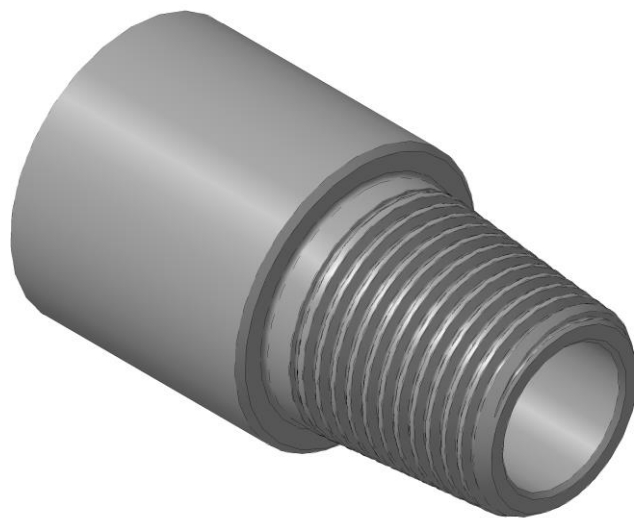


Рис. 1. Трехмерная модель ниппеля резьбовой части бурильной трубы

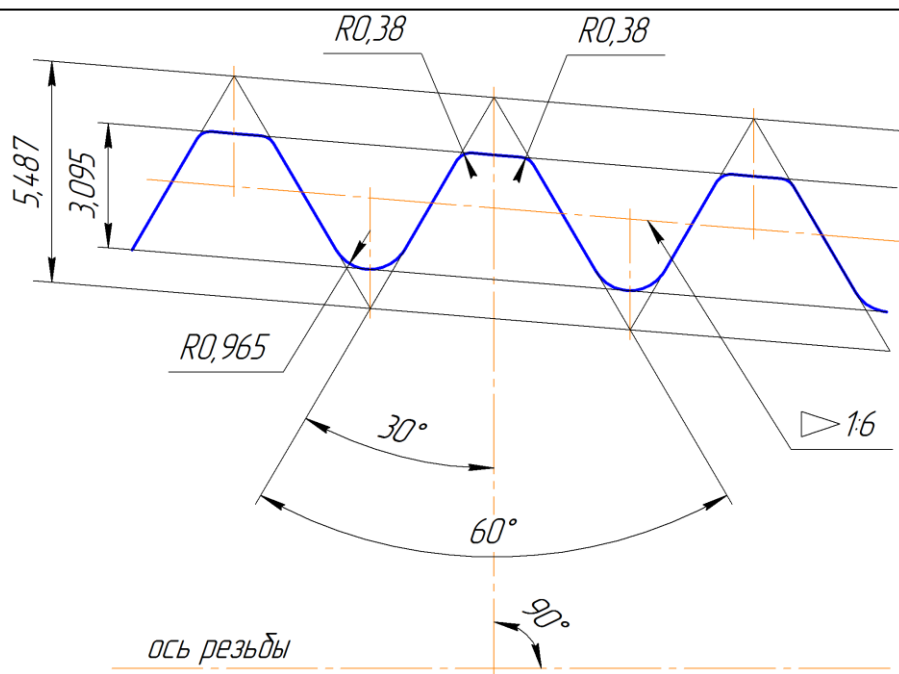


Рис. 2. Профиль и размеры резьбы бурильной трубы

Универсальность программного комплекса *ANSYS*, опыт других вузов при решении задач в области моделирования процессов ППД и напряжённо-деформированного состояния деталей с концентраторами напряжений, наличие самого программного комплекса *ANSYS* и возможность доступа к высокопроизводительному кластеру ПНИПУ – всё это и послужило причиной выбора программы *ANSYS* для решения поставленной задачи в данной работе.

#### Список литературы

1. **Песин М.В.** Моделирование напряженно-деформированного состояния изделий машиностроения с целью повышения надежности работы / М.В. Песин, Е.Д. Мокроносов, В.Ф. Макаров // Мавлютовские чтения: Росс.научн. - техн. конф.: сб. тр. в 5 т., Т.3 Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, Уфа: УГАТУ. - 2011. - С.189-192.

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

3. **Песин М.В.** Научные основы моделирования процесса упрочнения впадины резьбы бурильных труб обкатыванием роликом // «Экспозиция Нефть Газ». - №5 (30) - 2013. - С. 68-70.