

УДК 622.276.05:622.692.4-762.444

С.В.Лебедева (5 курс, каф. ДМ), С.О.Лазарев, д.т.н., проф.

## ОПТИМИЗАЦИЯ УПЛОТНЕНИЙ ПО КРИТЕРИЯМ ГЕРМЕТИЧНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Уплотнительные устройства, или уплотнения, применяются в конструкциях для разделения сред с различными физическими свойствами и (или) параметрами. Основными критериями работоспособности уплотнения являются долговечность и уровень утечек.

Задачей работы является выбор формы уплотнителя, используемого для герметизации стыков нефтяных скважин, работающих в интервале температур  $-30..180^{\circ}\text{C}$ . Уплотнение представляет собой кольцо из резины HNBR с металлическими колпачками сверху и снизу, препятствующими контакту резины с агрессивной средой – нефтью.

На начальной стадии разработки из конструктивных соображений предложены три формы уплотнений 1, 2 и 3 (рис. 1). Форма 1 имеет почти плоские боковые поверхности с небольшим скруглением на внешнем диаметре, что обеспечивает большую площадь контакта. Модель 2 отличается наличием резиновых колец из более мягкой резины, которые вставляются в основной массив на внутреннем диаметре. Кольца позволяют увеличить контактные напряжения, а значит уменьшить уровень утечек. Форма 3 определена следующими соображениями: круглое углубление на внутреннем диаметре позволяет сильнее сжать уплотнение и увеличить значение максимальных контактных напряжений, а круглый выступ, сжимаясь, становится практически плоским, что также увеличивает площадь контакта и максимальные напряжения, а значит, снижает уровень утечек.

Был произведен расчет моделей уплотнений выбранных конфигураций методом конечных элементов при помощи программы STAR. Программа STAR специально предназначена для нелинейного конечно-элементного анализа изделий из эластомеров. В процессе вычислений программа позволяет определять следующие характеристики: поля перемещений, напряжений, гидростатического давления, главного девиатора напряжений, главных напряжений, главных деформаций и долговечности. В граничных узлах вычисляются силы, действующие на них, что позволяет получать кривые релаксаций усилий, ползучести и нагружения рассматриваемого объекта в нужном направлении. С помощью программы **STAR** можно анализировать композитные конструкции, состоящие из металла и резины, а также решать температурные задачи.

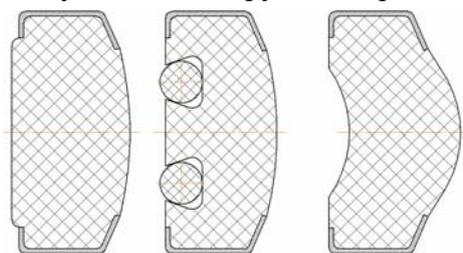


Рис. 1. Модели уплотнений

Металлическое гнездо рассматривается как неподвижное абсолютно жесткое тело, ограничивающее перемещение резины; металлические колпачки - как нелинейно-упругий сжимаемый материал, а резина как несжимаемый нелинейный материал.

Для определения уровня утечек используется специальная подпрограмма `Leakage.exe` программного пакета STAR, позволяющая сравнивать уровни утечек на основе данных, полученных из расчета программой STAR.

Задача решалась в два этапа: поджатие или установка уплотнение и подача давления.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что использование модели 3 нецелесообразно, т.к. уровень утечек в тысячи раз превышает уровни утечек других моделей. При низких температурах ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) уровень утечек модели 1 примерно на 30% выше, чем модели 2. Однако с ростом температуры, лучше начинает работать уплотнение 1. При

высоких температурах ( $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) большей долговечностью обладает модель 1 (более месяца). Поэтому, при использовании на всем интервале температур оптимальной является форма 1. Следует отметить, что данные результаты, не являясь окончательными, позволяют наметить пути оптимизации формы эластомерных уплотнений. Для других условий работы необходимо изменить исходные данные, при этом алгоритм расчета остается прежним.