

Заметно, что увеличение толщины бандажа является более эффективным для ремонта глубоких внутренних дефектов, а ремонт внешних дефектов требует предварительного выравнивания дефекта эпоксидным клеем.

Данный способ моделирования позволяет обосновывать эффективность ремонта труб с различными дефектами стеклопластиковыми бандажами и оптимизировать параметры бандажки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Копей, Б. В. Насосные штанги и трубы из полимерных композитов: проектирование, расчет, испытание / Б. В. Копей [и др.]. – Львов : ИППММ им. Я. С. Пидстригача НАН Украины, 2003. – 352 с.

2. Копей, В. Б. Определение остаточного ресурса трубопровода с дефектами после их ремонта композитными бандажами / В. Б. Копей, Б. В. Копей, А. М. Найда // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2007. – № 4. – С. 26–28.

3. Копей, Б. В. Экспериментальная оценка эффективности бандажки для укрепления поврежденных трубопроводов / В. Б. Копей, А. М. Найда, Б. В. Копей // Нефтегазовая энергетика. – 2009. – № 1 (10). – С. 60–63.

#### УДК 621.643

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ТРУБ В SOLIDWORKS®

**В. Б. Копей, Т. П. Венгрынюк**

*Ивано-Франковский национальный технический университет  
нефти и газа, г. Ивано-Франковск, Украина*

При эксплуатации труб в нефтегазовой отрасли наблюдаются различные их дефекты: трещины, коррозионные дефекты, дефекты от механического износа и деформации. Нередко необходимо обоснованно принять решение о возможности эксплуатации трубы с тем или иным дефектом. Для этого с успехом могут быть применены современные программы, реализующие метод конечных элементов (МКЭ) для задач теории упругости и пластичности. Основной проблемой при этом является моделирование геометрии того или иного дефекта на трубе. Авторами предлагается анализ возможностей системы трехмерного параметрического моделирования SolidWorks® [1] построения разнообразных дефектов труб.

В зависимости от видов дефектов и целей моделирования для построения дефектов в SolidWorks 2011 можно применить следующие элементы: различные способы выреза «Вырезать» («Вытянуть», «Повернуть», «По траектории», «По сечениям»), элементы «Купол», «Свободная форма», «Деформировать», «Изгиб», различные способы построения поверхностей с последующим «Вырезать / Поверхностью» или «Разделить».

Приведем примеры некоторых способов построения дефектов труб в SolidWorks 2011.

Трещина может быть смоделирована элементом «Линия разъема», который создает проекцию эскиза на грань. Например, грань делится на две части: поверхность осевой трещины и поверхность осевого сечения трубы, на которую могут быть заданы соответствующие граничные условия при моделировании МКЭ [2, 3].

Дефект правильной формы от износа насосно-компрессорных труб штанговыми муфтами целесообразно создавать с помощью элемента «Вырезать / Вытянуть». Например, круг вырезает в теле трубы изношенную поверхность в направлении, не параллельном оси трубы.

Коррозионный дефект правильной формы можно создать элементами «Поверхность / Повернуть» и «Разделить». Такой способ позволяет получить отдельно тело трубы с дефектом и тело дефекта, что необходимо, например, для расчета прочности трубы с исправленным эпоксидным клеем дефектом.

Коррозионный дефект произвольной формы легко моделировать элементами «Сплайн на поверхности» (для построения контура дефекта на поверхности), «Линия разъема» (для получения поверхности, ограниченной контуром дефекта) и «Поверхность / Свободная форма» или «Поверхность / Заполнить» (для создания поверхности дефекта). Для разделения тела трубы и дефекта следует использовать элемент «Разделить». При моделировании таких дефектов трудно получить нужные размеры, но в SolidWorks существует инструмент «Анализ толщины», который визуализирует толщину дефекта. Точные поверхности дефектов можно получать с помощью элемента «Граничная поверхность», а модуль ScanTo3D позволяет получать модели поверхностей, например, путем сканирования или дефектоскопии реальных дефектов.

Деформации трубы типа локальных вмятин просто моделировать элементом «Деформировать». Можно выбрать различные виды деформации, например, «Точка деформации» или «Вытеснение поверхности».

Изгиб трубы моделируется элементами «Изгиб» («Изгибание» или «Поворот») или «По траектории», если необходима точность размеров деформации.

Итак, SolidWorks позволяет легко создавать трехмерные параметрические модели труб с различными отдельными дефектами или их комбинациями и с помощью модуля Simulation обосновывать возможность их эксплуатации, а также исследовать влияние размеров того или иного дефекта на напряжение в трубе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дударева, Н. SolidWorks 2011 на примерах / Н. Дударева, С. Загайко – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 496 с.

2. Копей, В. Б. Определение остаточного ресурса трубопровода с дефектами после их ремонта композитными бандажами / В. Б. Копей, Б. В. Копей, А. М. Найда // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2007. – № 4. – С. 26–28.

3. Копей, В. В. Экспериментальная оценка эффективности бандажей для укрепления поврежденных трубопроводов / В. В. Копей, А. М. Найда, В. Б. Копей // Нефтегазовая энергетика. – 2009. – № 1 (10). – С. 60–63.