

трубопровода изготовлен из стали М-45. Зависимости $B(H)$ для магнитных материалов аппроксимировались кубическими сплайнами. Применялся геометрический аналог щеток с отношением поверхностей изображенных прутьев к поверхности держателя, равным коэффициенту заполнения щеток, который равнялся 0,3. Использовалось 6 групп сплошных прутьев.

Проведено компьютерное моделирование пространственного распределения компонент индукции магнитного поля в зоне расположения датчиков Холла снаряда «MFL» при различных неоднородностях в ферромагнитных конструкциях трубопровода, имитирующих следующие дефекты магистральных нефте- и газопроводов: поперечные трещины, коррозия, задиры, ликвации, непровары швов, нарушения сплошности.

Определена разрешающая способность (минимальные размеры) обнаружения датчиками Холла дефектов на поверхностях трубы как функция удаленности магнитных сенсоров от поверхности трубы. Например, при расположении двухкомпонентных преобразователей Холла на расстоянии 3–4 мм от внутренней поверхности трубы разрешающая способность обнаружения дефекта при глубине h не менее чем $h = 0,1t$, где t – толщина трубы трубопровода для следующих видов дефектов: общая коррозия, питтинг, заDIR поперечный, обнаружение раковин, пор, непроваров, шлаковых включений – от $0,15t$ и обнаружение поперечных трещин – от $0,2t$.

Показано, что дефекты стресс-коррозийного типа могут быть обнаружены инспекционными снарядами типа «MFL» только случайным образом.

Для разбраковки неоднородностей в ферромагнитных объектах на приповерхностные и др. предложены конструкции новых селективных датчиков типа ID/OD, которые функционируют на классическом и планарном эффектах Холла.

УДК 004.5:65.011.56

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Д. Н. Свирский

*ГНУ «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Трубопроводный транспорт играет заметную роль в реальном секторе экономики. В настоящее время его эффективное функционирование во многом определяется развитой системой автоматизированного управления, комплексом технических средств. Магистральный трубопровод как объект автоматизации характеризуется прежде всего отсутствием самовыравнивания и значительным запаздыванием. Эти свойства обуславливают сложность

проблемы его регулирования и построения АСУ. Комплекс научно-технических задач, решаемых в процессе автоматизации продуктопровода, отражает необходимость обеспечения оптимального функционирования трубопроводных сетей при нормальной эксплуатации и безопасной работы в аварийных условиях; управления транспортированием продуктов по трубопроводным сетям в обычном режиме и при аварийной ситуации; диагностики технического состояния трубопроводных сетей и технологического оборудования и т. п. Анализ динамики функционирования объекта автоматизации показывает, что в нем протекают процессы, весьма различающиеся по скорости от (квази)стационарного до скачкообразного. В связи с этим актуальным является вопрос рационального выбора программно-технического средства компьютерного моделирования динамики технической системы трубопровода.

В современном арсенале компьютерных технологий существует целый ряд мощных CAE-систем инженерного анализа, реализующих метод конечных элементов (МКЭ). Известен опыт применения программных продуктов ABAQUS и ANSYS для компьютерного моделирования работы трубопровода в регламентированных условиях. Программа ABAQUS является безусловным лидером среди коммерческих CAE-систем по распространенности в нефтегазовой отрасли Северо-Американского континента. Такое положение объясняется изначальной ориентацией разработчиков ABAQUS на нефтегазовую промышленность как на один из наиболее важных секторов продаж программы. Достаточно отметить, что в библиотеке ABAQUS имеются конструктивные элементы, предназначенные для моделирования подземных трубопроводов с учетом их взаимодействия с окружающим грунтом (pipe-soil interaction), чего нет в других универсальных МКЭ-программах. В то же время авторы работы [1] отмечают, что построение модельного участка трубопровода «вручную» гораздо более трудоемко в ABAQUS, чем в ANSYS.

Программа ANSYS – единственная МКЭ-система с весьма полным охватом явлений различной физической природы (прочность, теплофизика, гидрогазодинамика и электромагнетизм) с возможностью решения связанных задач, объединяющих все перечисленные виды. Моделирование объекта, таким образом, может вестись с учетом всего многообразия физических воздействий на него. Препроцессор ANSYS позволяет не только создавать геометрические модели собственными средствами, но и импортировать уже готовые, созданные средствами, в частности, AutoCAD. Надо отметить, что геометрическая модель в дальнейшем может быть модифицирована любым образом, поскольку при импорте осуществляется перетрансляция данных в геометрический формат ANSYS, и деталь не подменяется «неприкасаемой» конечно-элементной сеткой. Специальный гидрогазодинамический модуль ANSYS/FLOTRAN включает инструментальные

средства для анализа двумерных и трехмерных полей потока жидкости или газа и позволяет моделировать в том числе комплексные трехмерные течения в колене трубы.

Для моделирования быстропротекающих процессов типа удара, разрушения и т. п. во многих отраслях техники, в частности, в авиа- и автомобилестроении успешно применяется реализующая МКЭ система LS-DYNE. Соединение в одной программной оболочке модуля ANSYS/LS-DYNA традиционных методов решения с обращением матриц и математического аппарата программы LS-DYNA, которая использует явный метод интегрирования, позволяет переходить с неявного на явный метод решения, и наоборот.

В настоящее время существует возможность эффективного применения САЕ-комплекса LS-DYNE для решения задач нелинейного инженерного анализа работы компонентов трубопровода в экстремальных условиях. Моделирование с помощью системы ANSYS/LS-DYNA целесообразно осуществлять на суперкомпьютерной технике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин, В. В. Анализ прочности промышленных трубопроводов в ANSYS и ABAQUS / В. В. Алешин, В. Кобяков, В. Е. Селезнёв // САПР и графика. – 2004. – № 7. – С. 34–39.

УДК 621.6.01

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РАСЧЕТУ ЛОКАЛЬНОЙ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО ИЗОГНУТОГО ТРУБОПРОВОДА ПРИ НЕКОНСЕРВАТИВНОМ НЕОДНОРОДНОМ НАГРУЖЕНИИ

Е. И. Гарновский, М. И. Валиев

*ОАО «АК«Транснефть», г. Москва, Российская Федерация
ООО «Научно-исследовательский институт транспорта нефти
и нефтепродуктов», г. Москва, Российская Федерация*

В работе проводится апробация подхода к расчету локальной потери устойчивости протяженного пространственно изогнутого трубопровода при комбинированном неоднородном нагружении. Обсуждаются результаты численного расчета нелинейного изгиба трубопровода и влияние докритического моментного состояния на устойчивость при неконсервативном нагружении. В качестве основного инструмента расчетных исследований по моделированию напряженно-деформированного состояния трубопровода использовался программный комплекс ANSYS, дополненный модулем расчета критических нагрузок локальной потери устойчивости.