

ОТЗЫВ НА ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ

Студента 6 курса 625 группы Салтыкова О.Р.

Кафедра теории упругости

Научный руководитель доц.Завойчинская Э.Б., доц. Овчинникова Н.В.

Тема «Моделирование напряженно-деформированного состояния и коррозионного разрушения тонкостенной упругой трубы под действием внутреннего давления и продольной силы»

Название темы на английском языке «Stress-strain and failure state modeling for elastic pipe with corrosion defects at internal pressure and axial loading»

Для подземных магистральных газо- и нефтепроводов особую опасность представляют собой коррозионные разрушения внешней поверхности участков. По данным ПАО «Газпром» (исследования 30 лет эксплуатации) число отказов по причине наружной коррозии достигло 56% для труб диаметром 1220-1420 мм. На первом этапе исследований процессов коррозионных разрушений при эксплуатационном нагружении проводится анализ напряженно-деформированного и предельного состояний элементов трубопроводов при механическом нагружении с коррозионными дефектами.

В дипломной работе студента О. Салтыкова проведен такой анализ. С помощью программного комплекса ANSYS исследованы упругое напряженно-деформированное и предельные состояния тонкостенного элемента трубы под действием внутреннего давления в процессе развития различных видов коррозионных дефектов.

Введена классификация коррозионных дефектов в зависимости от характерного линейного размера дефекта d на поверхности элемента и глубины дефекта $0 < h < \delta$ (δ - толщина трубы), согласно которой выделяется общая равномерная (неравномерная) коррозия ($d \gg h$), которая характерна для почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами, и локальная коррозия, образующаяся под отслоившейся изоляцией и при сквозных дефектах изоляции: мейза-коррозия пятнами ($d \geq h$), язвенная коррозия ($d \leq h$) и питтинг ($d \ll h$), характерный для микробиологической коррозии.

Рассмотрена задача о тонкостенной упругой трубе с поверхностный дефектом в виде эллипсоидальной полости глубины $h = h(\tau)$ под действием внутреннего давления при трех видах граничных условий на торцах: плоско-деформированное состояние (когда осевое перемещение и осевая деформация равны нулю); закрытая труба, т.е. труба с доньями; торцы, свободные от нагрузок. При исследовании принято, что дефект на поверхности трубы имеет форму круга диаметра d . Проанализированы свойства решения задачи в зависимости от размеров полости: величин d и h . Получено, что с увеличением глубины h при $0 < d < 2t$ коэффициент концентрации напряжений K , определяемый как отношение наибольшего главного напряжения к соответствующему номинальному значению, увеличивается в диапазоне $1 < K < 3$; при фиксированном h коэффициент концентрации K увеличивается с уменьшением размера d . При размере коррозионного дефекта $d > 2t$ можно использовать решение задачи об общей коррозии. Найдена зависимость предельного внутреннего давления по достижению предела текучести от характерных размеров коррозионных дефектов. В приложении приведен макрос программы решения задачи в ANSYS, написанный на языке параметрического программирования APDL.

В рамках проблемы оценки трещиностойкости элемента с дефектами рассмотрена задача об осевом растяжении упругой трубы, имеющей внешнюю кольцевую трещину заданной глубины. Возникающая в кончике трещины особенность напряжений характеризуется величиной коэффициента интенсивности напряжений. Вычисление коэффициентов интенсивности напряжений в задаче проведено двумя способами: с помощью реализованного в ANSYS алгоритма, основанного на методе аппроксимации перемещений берегов трещины, и с помощью вычисления энергетического инвариантного интеграла

Черепанова-Райса (J-интеграла). Полученные этими методами результаты совпали. Проведен анализ зависимости значений коэффициентов интенсивности от длины трещины.

В ходе выполнения курсовых и дипломной работы студент О. Салтыков освоил подходы механики деформируемого твердого тела к постановке и решению задач, включающих аналитические методы и численное моделирование, на примере задачи о внутреннем давлении упруго-пластической трубы конечной длины при трех видах граничных условий на торцах: плоско-деформированное состояние, труба с доньями и торцы, свободные от нагрузок. Численные решения этих задач получены в программном комплексе ANSYS, основанном на методе конечных элементов.

Проведено сравнение численных решений упругой задачи о плоской деформации с решением задачи Ламе. Проверено, что для упругой трубы с доньями и для свободных торцов напряженно-деформированное состояние в части трубы, достаточно удаленной от торцов, может быть получено суперпозицией решений задач Ламе и задачи о растяжении трубы под действием осевой силы.

При решении задачи об упруго-пластическом деформировании в работе принято, что материал подчиняется соотношениям теории течения с изотропным упрочнением и условию пластичности Мизеса. Рассмотрен случай линейного упрочнения материала. Исследовано влияние упругой сжимаемости и упрочнения. Показано, что численное решение задач о плоской деформации и трубы с доньями для сжимаемого материала мало отличается от известного в литературе аналитического решения, полученного для случая плоской деформации несжимаемого материала. В случае свободного края расчет показал, что хотя гипотеза о промежуточности осевого напряжения выполнена, но численное решение задачи, полученное с использованием критерия Мизеса, не совпадает с аналитическим решением, полученным для критерия Треска.

Объем выпускной квалификационной работы составляет 64 страницы, среди которых 1 приложение.

Результаты работы доложены на Научной конференции «Ломоносовские чтения-2019». Секция «Механика», проходящей в МГУ 15-25 апреля 2019г.

При выполнении дипломной работы О. Салтыков проявил достаточную математическую и компьютерную подготовку. Является исследователем, способным самостоятельно и на достаточном научном уровне выполнять работу, обобщать полученные результаты. Хорошо разбирается в современной вычислительной технике. Освоил программный комплекс ANSYS.

Таким образом, выполненная работа отвечает поставленной цели, является самостоятельным, законченным и актуальным исследованием, отличается теоретической и практической ценностью, выполнена на должном математическом уровне. Ее автор заслуживает оценки «отлично».

Научные руководители

доцент, д.ф.-м.н. Э.Б. Завойчинская

доцент Н.В. Овчинникова