

На рисунках 2 и 3 показан результат расчета действия распределительной нагрузки на участок трубопровода, полученный с помощью программы ANSYS.

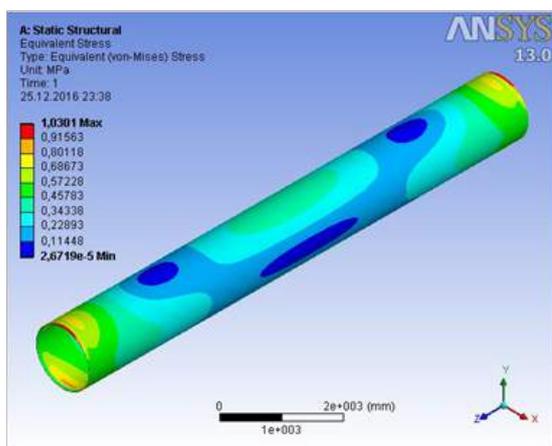


Рис. 2. Напряжения по Мизесу

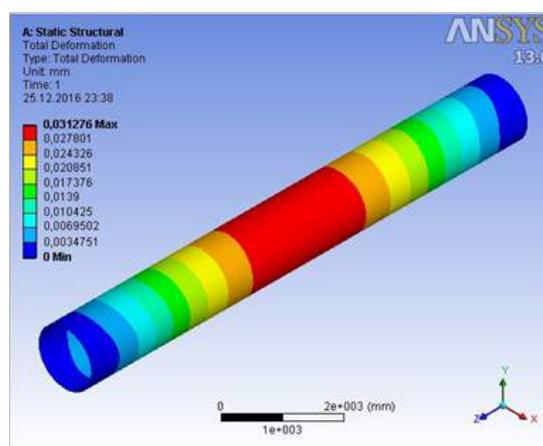


Рис. 3. Деформации по оси Y, возникающая при действии распределенной нагрузки на подводный переход трубопровода

Полученные и представленные на результаты позволяют сделать следующие выводы:

- изменение значений напряжений, возникающих при эксплуатации трубопровода, может достигать величин, близких к пределу текучести стали, что снижает уровень надежности трубопровода;
- суммарные перемещения переменны по длине трубы, и существенно зависят от действия распределенных нагрузок от веса самой трубы и перекачиваемой нефти, а также гидростатического давления и выталкивающей силы воды;

Литература

1. Бурков, П. В. Оценка напряженно-деформированного состояния верхнего перекрытия механизированной крепи МКЮ.2Ш-17 производства ОАО СХК «Юрмаш завод» / П. В. Бурков, К. В. Епифанцев // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений, апрель 2009. - Донецк 2009. -С. 23-26.
2. Гольдин Э.Р., Левин С.И., Зуев О.С. РД 51-3-96. - (<http://www.tehлит.ru>).
3. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. Ansys для инженеров: Справ.пособие. –М.: Машиностроение 1, 2004.-512с
4. Шаммазов А. М., Мугаллимов Ф. М., Нефедова Н. Ф. Подводные переходы магистральных нефтепроводов. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. — 237 с.: ил. - ISBN 5-8365-0049-5.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБОПРОВОДОВ

М.С.Максимов

Научный руководитель к.т.н, доцент К.В.Сызранцева
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Целью данной работы является исследование прочностных характеристик трубопроводов, влияющих на их надежность. Данная проблема является весьма актуальной, поскольку высокая частота отказов трубопроводов происходит по причине разрушения кристаллов, в результате чего образуются микропоры и микротрещины. Все дефекты сварных швов происходят вследствие недоработки проектной и исполнительной документации, природных влияний, недостаточной квалификации сотрудников и многих других факторов.

В результате изменения внутреннего давления (давление может меняться в зависимости от перекачиваемого продукта) трубопровод постоянно работает в условиях переменного нагружения с циклической закономерностью. Поэтому закристаллизованный металл сварного шва обладает повышенной хрупкостью, следовательно, области пространства, в которых возникает концентрация напряжений, могут стать источниками зарождения усталостных трещин (рис.1) и привести к разрушению трубопроводов [1].

В настоящее время повышением качества сварных швов трубопроводов занимаются такие организации как ПАО «Газпром» и ОАО «АК «Транснефть», осуществляя разработку нормативно-технической документации, проектирование и строительство трубопроводов.

Проиллюстрируем метод оценки вероятности выполнения качественного сварного шва на примере обработки экспериментальных данных по 120 сварным швам внутрипромыслового трубопровода диаметром

530мм Сузунского месторождения. Согласно нормативно-технической документации, ширина сварного шва для данного трубопровода должна лежать в пределах 18...22 мм (рис.2) [2]. В то же время, замеры реальной ширины сварного шва, являющейся в силу различных факторов величиной случайной, показывают, что доля качественных швов весьма далека от 100%. Для оценки вероятности попадания ширины сварного шва в нужный диапазон автор предлагает использовать методы непараметрической статистики.

Обработка экспериментальных данных с помощью алгоритмов, реализующих методы непараметрической статистики, требует существенных объемов вычислений, поэтому их развитие и внедрение в практику стало возможным только с появлением ЭВМ, обладающих высоким быстродействием и достаточной оперативной памятью [3]. Вероятностные методы расчета на прочность позволяют учитывать случайные характеристики нагрузок и геометрических характеристик и определить вероятность безотказной работы, являющуюся основным показателем надежности для трубопроводов [4].

Непараметрическая статистика изначально полагает, что вид распределения случайной величины или неизвестен, или может быть определен лишь приближенно. С помощью методов непараметрической статистики можно решить практически весь спектр задач, которые ранее решались с помощью методов параметрической статистики, но не накладывая никаких ограничений на вид функции распределения случайной величины, а значит, исключая погрешности, вызываемые заменой реальных распределений случайной величины.

К настоящему времени разработанные математические процессоры предлагают исследователю большой набор стандартных функций для решения уравнений, в том числе трансцендентных, методы оптимизации функций, широкий набор функций для реализации пользовательских алгоритмов, а также удобные средства визуализации графиков функций и экспериментальных данных.

Восстановление по заданной выборке случайной величины ее функции плотности распределения может быть решено методом эмпирического риска либо на основе оценки Парзена-Розенблатта [3]. Выполнение восстановления неизвестной функции плотности распределения случайной величины коэффициента запаса методом непараметрической статистики реализуется в виде программы в процессоре MathCad на основе оценки Парзена-Розенблатта.

Отношение ширины сварного шва к его «идеальной» величине в 20 мм назовем условно коэффициентом запаса сварного шва. На рисунке 3 показана гистограмма выборки ширины сварного шва, а также восстановленная функция ее плотности распределения.

Вероятность дефектных узких сварных швов означает вероятность того, что коэффициент запаса окажется в интервале от 0 до 0.9, что соответствует значению следующего интеграла:

$$Q(n) = \int_0^{0.9} P(n)dn \quad (1)$$

Где P(n) – плотность распределения ширины сварного шва.

Вероятность дефектных широких сварных швов означает вероятность того, что коэффициент запаса окажется в интервале от 1.1 до 2, что соответствует значению следующего интеграла:

$$Q(n) = \int_{1.1}^2 P(n)dn \quad (2)$$

После вычисления интегралов по формулам 1 и 2 получаем, что процент дефектных узких сварных швов составляет 1,4%, процент дефектных широких сварных швов составляет 15,3%. В результате получаем всего процент дефектных сварных швов составляет 16,7, поэтому можно сказать, что повышение качества сварных швов в настоящее время является актуальной темой. Нетрудно видеть, что вероятность широких сварных швов весьма высока, поэтому можно давать рекомендации работникам, выполняющим сварные операции, стараться сделать швы более узкими.

Предложенная в данной работе методика оценки качества сварных швов является универсальной, она никак не привязана к конкретному закону распределения. Это позволит осуществлять расчет качества сварных швов разных трубопроводов [5].



Рис. 1. Дефект сварного шва (трещина)

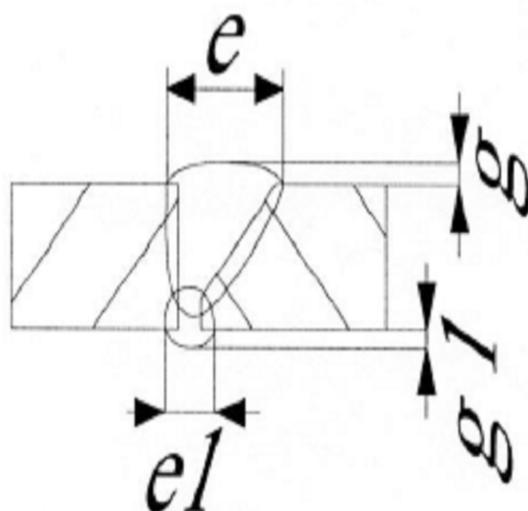


Рис. 2. Геометрические параметры сварных швов ($e=18\div 22$)

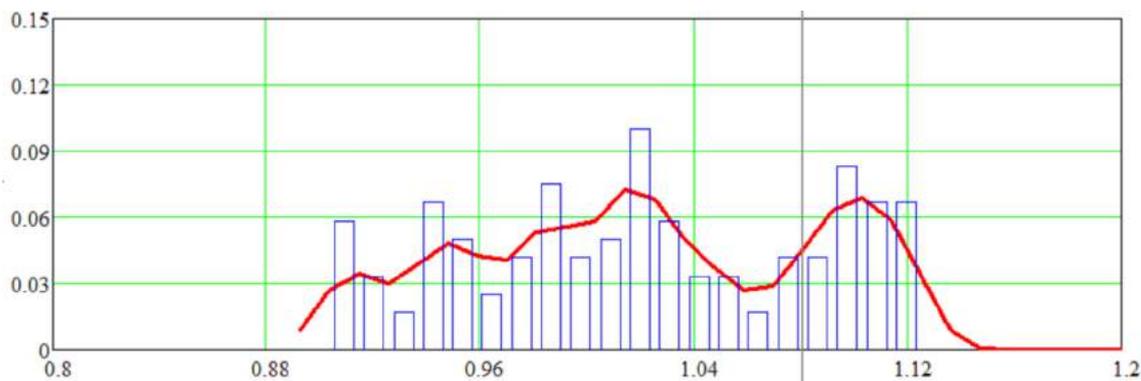


Рис. 3. Гистограмма выборки случайной величины n и ее функция плотности распределения $P(n)$

Литература

1. Максимов, М.С. Применение непараметрической статистики для обработки экспериментальных данных/М.С. Максимов, К.В. Сызранцева// Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: сб. статей. - Тюмень: ТИУ, 2016. - С. 59 – 61
2. Сборка и сварка неповоротных стыков труб, выполняемых электродами с основным видом покрытия $\text{O}530\text{x}12$. Операционная технологическая карта. - Москва, 2010. - 4 с.
3. Сызранцева, К.В. Расчет прочностной надежности деталей машин при случайном характере внешних нагрузок. Научное издание.- Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. - 88 с.
4. Сызранцева, К.В. Экспериментально-расчетный метод прогнозирования долговечности изделий в условиях эксплуатации // Омский научный вестник, 2009, - №2(80). - С.97 - 101.
5. K.Syzrantseva, V. Syzrantsev. Reliability Estimation of Machine Parts with Complicated Geometry on a Base of Methods of Nonparametric Statistics. Journal of Engineering and Applied Sciences, 11 (2016), Issue 2. Pages 204 - 209. DOI: 10.3923/jeasci.2016.204.209.