

Д.А. БЕСЧЕТНИКОВ, Г.И. ЛЬВОВ, д.т.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА С БАНДАЖЕМ ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

Газотранспортная система Украины является одной из самых крупных в мире (четвертая после американской, российской и канадской), и играет стратегическую роль в национальной экономике. Однако в связи с износом на данный момент остро стоит вопрос о ее диагностике и ремонте. Одним из современных методов ремонта трубопроводов является бандажирование с использованием композитных материалов (КМ). Их преимущества заключаются в коррозионной стойкости, простоте использования, универсальности, и вместе с этим высокой прочности.

В данной работе рассматривается влияние бандажа из КМ на распределение напряжений в стенке газопровода.

Расчетная схема представлена на рис.1.

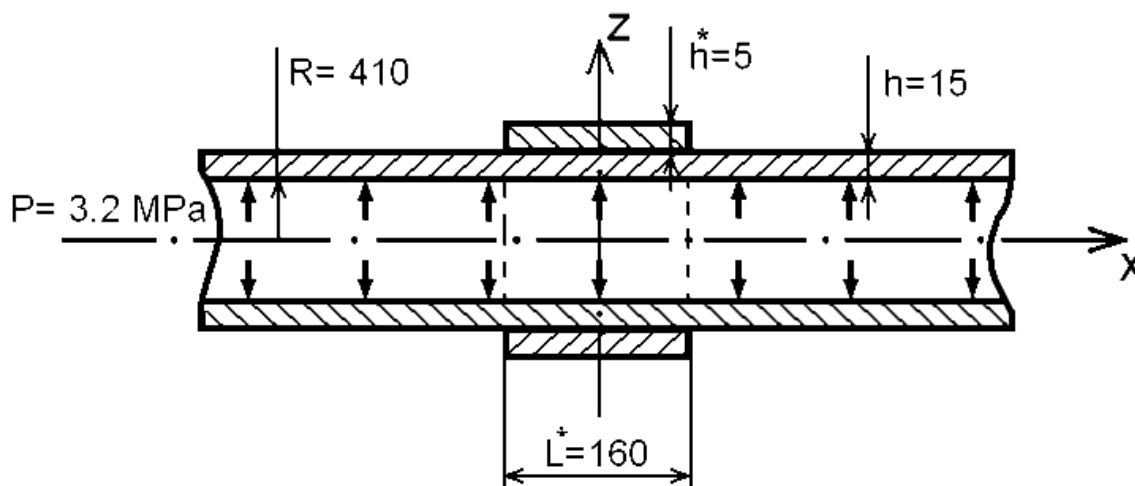


Рис.1 – Расчетная схема участка трубопровода с бандажом из КМ
(все размеры на схеме представлены в мм)

Труба выполнена из материала Сталь 20, а бандаж из стеклопластика. Постановка задачи является осесимметричной. Необходимо определить напряженно-деформированное состояние данной системы.

Решение задачи, для проверки адекватности результатов, проводилось аналитически и численно. Аналитическое решение проводилось на основе

теории упругих оболочек [1]. Разрешающие уравнения для участка $0 \leq x \leq L^*/2$ представлены в (1-2). Участок трубы без бандажа ($x > L^*/2$) описывает уравнение (3).

$$\frac{d^4 W^I}{dx^4} + 4\beta^4 W^I = \frac{1}{D} (P - P_K), \quad 4\beta^4 = \frac{Eh}{R^2 D} \quad (1)$$

$$\frac{d^4 W^I}{dx^4} + 4B^4 W^I = \frac{1}{D^*} P_K, \quad 4B^4 = \frac{12}{c_{11} h^2 R^2} \left(c_{22} - \frac{c_{12}^2}{c_{11}} \right), \quad D^* = \frac{c_{11} h^3}{12} \quad (2)$$

$$\frac{d^4 W^{II}}{dx^4} + 4\beta^4 W^{II} = \frac{1}{D} P \quad (3)$$

где: W – прогиб оболочки в радиальном направлении, D – цилиндрическая жесткость, E – модуль упругости, P – давления газа в трубе, P_K – контактное давление между трубой и бандажом, ν – коэффициент Пуассона, c_{11}, c_{12}, c_{22} – коэффициенты из матрицы жесткости закона Гука для ортотропного материала. Для определения констант интегрирования, к уравнениям (1-3) добавлялись граничные условия и условия сопряжения.

Численное решение проводилось методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS.

Отличие результатов аналитического и численного решений по перемещениям составляет менее пяти процентов. Бандаж приводит к распределению кольцевой нагрузки в стенке трубы. Он ограничивает степень деформации защищаемого участка трубы, что обеспечивает безопасность при рабочих нагрузках.

В работе было исследовано напряженно-деформированное состояние участка трубопровода с бандажом из КМ. Полученные результаты говорят об эффективности бандажирования. В дальнейшем необходимо провести расчетное исследование влияния ползучести на перераспределение напряжений в трубе с бандажом.

Список литературы: 1. Колкунов Н.В. "Основы расчета упругих оболочек".- М.: Высшая школа, 1963. – 279 с., 2. Басов К.А. "Ansys в примерах и задачах". – М.: КомпьютерПресс, 2002. – 224с.