

РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ В ТРУБЕ ИЗ КОМПОЗИТОВ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ И РЕЛАКСАЦИИ

Е. А. Голубева, Р. А. Аль-Абси

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. В. Можаровский

Композиционные материалы очень востребованы в строительстве, машиностроении, теплоэнергетике и других отраслях. При расчетах часто композитные материалы представляются в виде анизотропного материала с упругими свойствами [1]. Для решения упругих задач механики композитов разработано много методик, но эти методики не учитываются при расчетах вязкоупругих свойств композитов. Следует отметить, что теория вязкоупругости в основном применяется при исследовании ползучести и релаксации композитных материалов [2]. В последнее время все чаще в промышленности используются трубы из композитных материалов на основе полимеров, которым свойственны явления ползучести и релаксации, т. е. зависимость между напряжением и деформациями материала содержит время в явном виде [3], [4]. Одной из основных задач расчета композитных материалов является выбор ядер ползучести и релаксации, входящих в интегральные физические соотношения, описывающие связь напряжений и деформаций. В этом случае нужно определять резольвенту и параметры ядер ползучести и релаксации.

В данной работе представлен процесс реализации расчета напряжений и деформаций неоднородной слоистой трубы с учетом явлений вязкоупругости, учитывающая ядра ползучести и релаксации, представленные в работе [5]. При реализации расчета использовались аналитические, численные и экспериментальные методы исследования. Рассматривалась слоистая труба из композита с функционально-градиентными свойствами под действием внутреннего давления с внутренним радиусом a и внешним радиусом R ; P – давление, оказанное на внутреннюю поверхность (рис. 1).

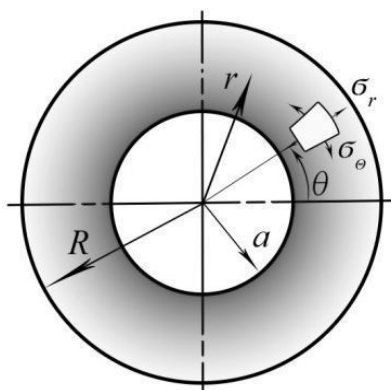


Рис. 1. Слоистая труба

При исследовании напряженно-деформированного состояния слоистой трубы используем методы расчета, представленные в работе [6]. На основании решения упругой задачи для неоднородной слоистой трубы рассматривали вязкоупругий случай, в котором характеристики трубы изменяются во времени. Для реализации расчета напряженно-деформированного состояния трубы использовали параметры различных ядер ползучести и релаксации, входящие в интегральные уравнения теории вязкоупругости с применением принципа Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации связаны между собой интегральным соотношением, характеризуют основные механические свойства вязкоупругих материалов и входят в определяющие уравнения, устанавливающие зависимость между напряжениями, деформациями и временем.

При постановке краевой задачи использовали теорию линейной вязкоупругости, дифференциальные уравнения в частных производных и численные решения краевой задачи. Функции, основанные на свойствах функции Миттаг–Леффлера, строятся по результатам экспериментов на ползучесть при постоянных напряжениях или, соответственно, на релаксацию при фиксированных деформациях.

Апробировали решение вязкоупругой задачи для слоистых труб и методы определения параметров различных ядер, таких, как Ржаницына, Работнова, Колтунова в вязкоупругой модели [3]. Реологические параметры ядер определяются по методам наименьших квадратов и интегральных преобразований.

Учитывая физико-механические свойства, были построены графики изменения напряжений деформаций во времени неоднородной слоистой трубы с учетом явлений ползучести и релаксации (рис. 2).

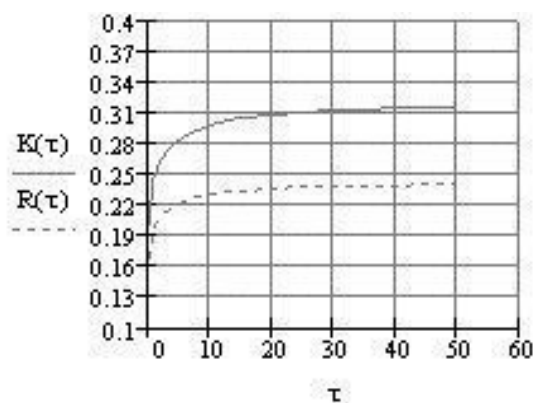


Рис. 2. Графики коэффициентов для напряжения и перемещения в трубе с учетом ползучести и релаксации

Составлена компьютерная программа на языке Delphi, которая осуществляет сравнение результатов, полученных при реализации расчета напряженно-деформированного состояния неоднородных слоистых труб с учетом явлений ползучести и релаксации. На рис. 3 изображено окно ввода исходных данных. После нажатия клавиши «Вычислить» программа по заранее определенному алгоритму, считает коэффициенты A и B и строит графики распределения напряжения и перемещения в цилиндрической трубе (рис. 4). Тестирование программы осуществлялось в сравнении с результатами других исследователей, полученных при расчете напряжения и деформации в трубе из композиционных материалов. Предложенная методика может применяться в инженерных расчетах для различных конструкций из неоднородных материалов.

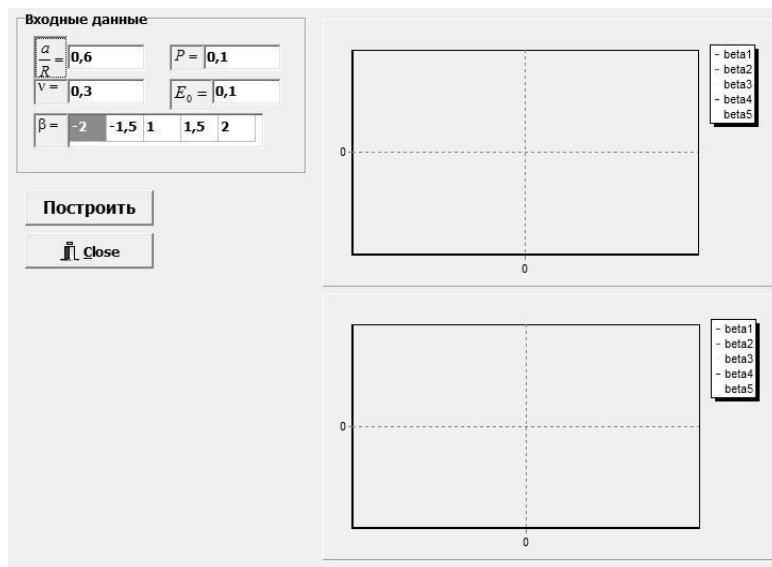


Рис. 3. Главное окно программы

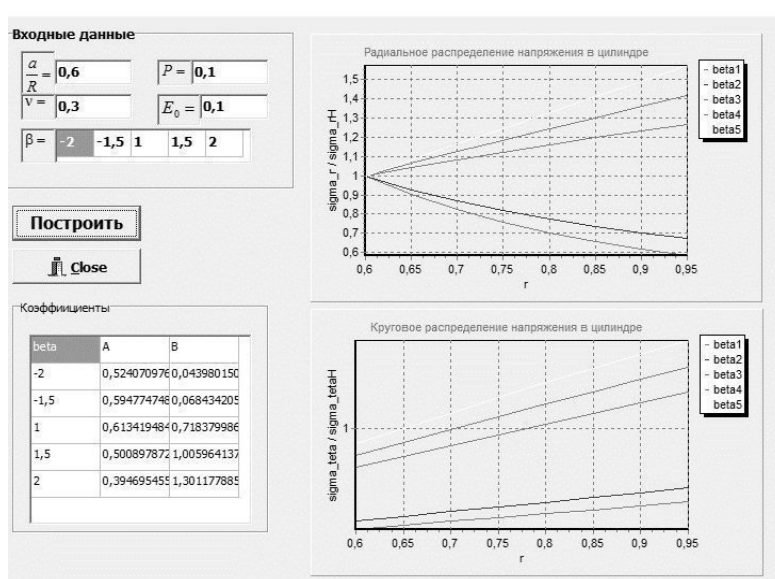


Рис. 4. Результаты расчетов и графики распределения напряжения и перемещения в трубе

Л и т е р а т у р а

1. Лехницкий, С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. – М., 1977. – 416 с.
2. Колтунов, М. А. Ползучесть и релаксация / М. А. Колтунов. – М., 1976. – 276 с.
3. Работнов, Ю. Н. Ползучесть элементов конструкций / Ю. Н. Работнов. – М., 1966. – 328 с.
4. Бугаков, И. И. Ползучесть полимерных материалов / И. И. Бугаков – М., 1973. – 288 с.
5. Можаровский, В. В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск, 1988. – 271 с.
6. Tutuncu, N. Exact solutions for stresses in functionally graded pressure vessels / N. Tutuncu, M. Ozturk. – Composites : Part B 32, 2001. – P. 683–686.