

Волгоградский государственный технический университет
Кафедра «Сопротивление материалов»

Тема работы «Многофакторная методика прогнозирования усталостных характеристик поверхностно-упрочненных металлических сплавов при различных схемах нагружения и учете остаточных напряжений»

Работу выполнил: преп. Романенко М.Д.
Руководитель: проф. Багмутов В.П., зав. каф. Захаров И.Н.

Волгоград 2024

В работе предлагается алгоритм прогнозирования усталостных кривых, позволяющий по основным исходным данным построить условные зависимости «условных напряжений — условные деформации», то есть $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ и найти долговечности N_i . С учетом сложного термосилового воздействия, неоднородности распределения физико-механических характеристик и остаточных напряжений, сформированных в поперечном сечении цилиндрического образца после поверхностного упрочнения ЭМО. Сечение образца представляется в виде набора из i -ых колец с j -ыми точками внутри этих колец. Прогнозирование усталостных характеристик проводилось в условиях растяжения-сжатия и плоского чистого изгиба на примере образцов из стали ст.45 диаметром 10 мм и толщиной упрочненного поверхностного слоя в результате ЭМО 0,2 мм.

В результате расчета были получены диаграммы «истинные напряжение — истинные деформации», а также усталостные кривые для «белого слоя (БС)», исходной структуры и двухслойного композитного материала (исходная структура + БС). Расхождения между экспериментальными и расчетными данными не превышают 15 %.

Ключевые слова: полуаналитическая модель, остаточные напряжения, электромеханическая обработка, схема нагружения, усталостная долговечность и прочность, подпрограмма, комплекс свободных параметров.

Целью исследования является разработка полуаналитической модели прогнозирования усталостных характеристик и кривых на базе внешних силовых, геометрических и физико-механических факторов с учетом неоднородности свойств, упрочненных многослойных образцов из металлических сплавов с учетом остаточных напряжений, изменяющихся по радиусу.

На основе цели были определены следующие **задачи**:

- 1) определение и уточнение внешних силовых, геометрических и физико-механических параметров для заданного металлического сплава;
- 2) определение и корректировка начальных свободных параметров функции в координатах «истинные напряжения—истинные деформации»;
- 3) реализация основного алгоритма расчета с встроенными подпрограммами для определения остаточных напряжений и построения зависимостей «истинное напряжение—истинная деформация»;
- 4) минимизация функции свободных параметров с заданной погрешностью.

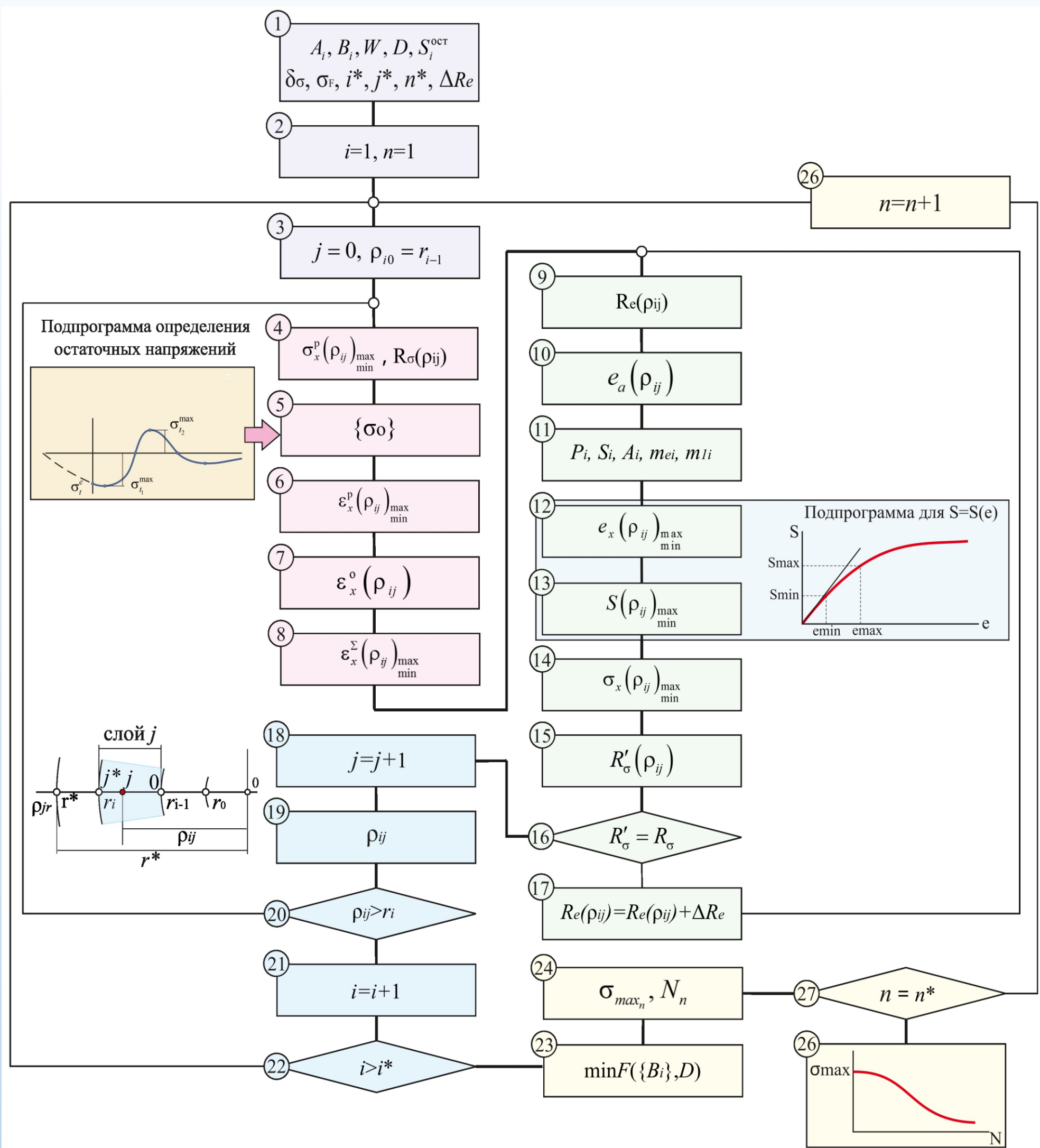


Рисунок – Блок-схема полуаналитической модели прогнозирования усталостной прочности и долговечности для композиционных материалов с подпрограммами

Основными этапами работы алгоритма являются следующие пункты:

- 1) первоначальный ввод комплекса исходных данных в программу;
- 2) определение рабочих напряжений в точках колец как функций от температуры, растяжения/сжатия и изгиба;
- 3) формирование аналитических зависимостей остаточных напряжений от радиуса сечения (подпрограмма);
- 4) определение результирующих осевых относительных деформаций от рабочих и остаточных напряжений;
- 5) определение коэффициента асимметрии по деформациям из п. 4;
- 6) определение амплитуды цикла изменения истинных деформаций;
- 7) определение истинных напряжений через найденные истинные деформации с учетом $S=S(e)$;
- 8) переход от истинных к условным напряжениям;
- 9) вычисление текущего коэффициента асимметрии и проверка с п. 5 по заданной погрешности;
- 10) повторение п. 5–9;
- 11) расчет по новым точкам и слоям с минимизацией функции отклонений между расчетными и экспериментальными данными;
- 12) минимизация функции свободных параметров;
- 13) итерационный расчет каждой точки функции $\sigma_{\max} = \sigma_{\max}(N)$;
- 14) если выполняется равенство $n=n^*$ – построение кривой усталостной прочности, нет – повторение п. 2–14.