

Математическое моделирование ползучести и релаксации остаточных напряжений в упрочнённых стержневых элементах статически неопределимой системы

Научный руководитель – Радченко Владимир Павлович

Деревянка Екатерина Евгеньевна

Студент (магистр)

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

E-mail: katederev@yandex.ru

Разработан метод расчёта ползучести и релаксации остаточных напряжений в поверхностно упрочнённых стержневых элементах плоской статически неопределимой системы. Стержни, составляющие систему, моделируются как сплошные цилиндрические образцы.

Математическая модель представляет из себя реализацию нижеизложенных этапов. Первый этап — восстановление полной картины напряжённо-деформированного состояния (НДС) в сплошных цилиндрических образцах после анизотропного поверхностного упрочнения по частично известным экспериментальным данным для окружной компоненты остаточных напряжений. Следующий этап — определение упругих напряжений из уравнений равновесия и совместности деформаций для стержневой системы без учёта НДС после упрочнения, а затем решение задачи ползучести и определение кинетики напряжений во времени во всех элементах конструкции согласно реологической модели [2]. Заключительный этап — расчёт релаксации остаточных напряжений в каждом упрочнённом стержне системы при заданных (интегральных) значениях напряжений по методике работы [1].

Создан программный комплекс, реализующий алгоритм численного расчёта поставленной краевой задачи, благодаря которому произведён расчёт для трёхэлементной статически неопределимой системы (см. рис. 1), выполненной из материала ЭИ698 при температуре $T=750^{\circ}\text{C}$ в предположении, что площади поперечных сечений всех стержней одинаковы. Получены расчётные эпюры релаксации остаточных напряжений в упрочнённых стержнях и графики изменения растягивающих напряжений в стержневой системе при ползучести (см. рис. 2 и рис. 3).

Разработанная методика, реализованная в виде программного комплекса, позволяет решить задачу оценки надёжности и прочности упрочнённых стержневых конструкций, которая может быть использована в прикладных задачах в различных промышленных комплексах, а полученные результаты работы позволяют научно-обоснованно составить прогноз времени службы упрочнённых элементов стержневых систем при ползучести.

Источники и литература

- 1) Радченко В. П., Саушкин М. Н. Прямой метод решения краевой задачи релаксации остаточных напряжений в упрочнённом изделии цилиндрической формы при ползучести // ПМТФ, 2009. Т. 50, №6, С. 90-99.
- 2) Самарин Ю. П. Уравнение состояния материалов со сложными реологическими свойствами. Куйбышев: Куйбышев. гос. ун-т, 1979.

Иллюстрации

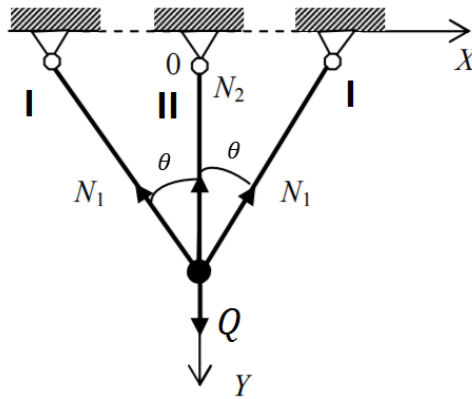


Рис. 1. Схема статически неопределимой стержневой системы

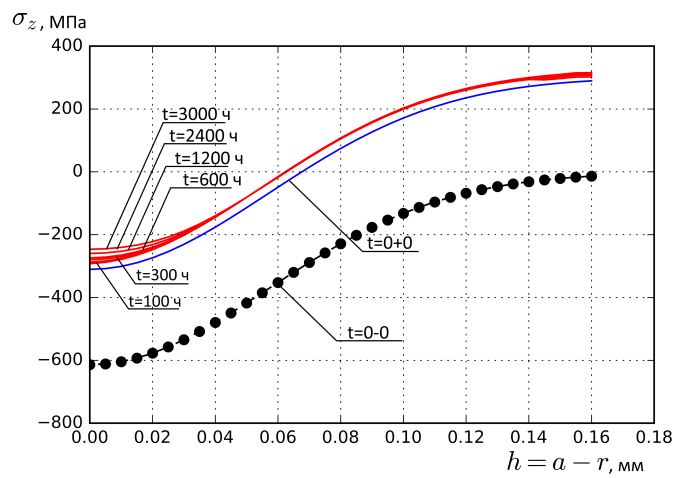


Рис. 2. Расчётные эпюры остаточных напряжений σ_θ в упрочнённом слое II стержня системы после ППД в момент $t = 0-0$ (точки) и в процессе ползучести (сплошные линии). Растягивающая нагрузка $\sigma_2^0 = 303.35$ МПа

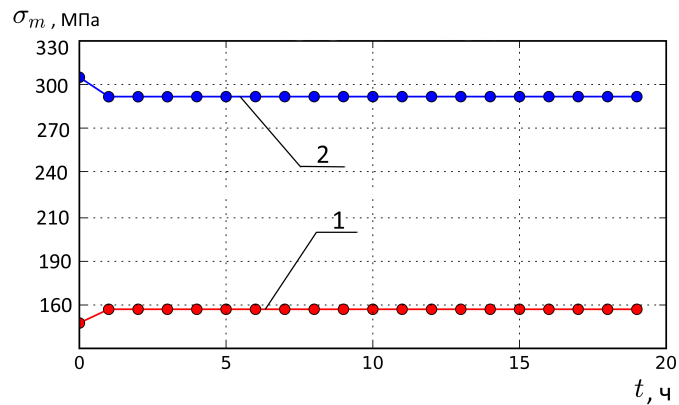


Рис. 3. Графики изменения растягивающих напряжений σ_m ($m = 1, 2$) в боковом (1) и центральном (2) упрочнённых стержнях системы в процессе ползучести за время $t = 20$ ч