

## **ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРАВНЕНИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ И ВОЗВРАТА ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ**

**Науменко К.В.<sup>1</sup>, Татарина О.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Университет им. Отто фон Герике,  
г. Магдебург*

<sup>2</sup> *Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

В различных технических приложениях часто возникают задачи определения напряженно-деформированного состояния периодически нагруженных в условиях ползучести элементов конструкций. Для многих материалов процессы ползучести протекают совместно с эффектами возврата. Для решения подобных задач необходима формулировка определяющих соотношений, описывающих процесс ползучести и возврата при повышенной температуре при периодическом, или циклическом, нагружении. Для удовлетворительного анализа деформирования необходимо обобщение данных уравнений на случай сложного напряженного состояния.

Доклад посвящен анализу неупругого поведения при периодических режимах нагружения для материалов, чье длительное деформирование характеризуется ползучестью с возвратом. Одним из наиболее распространенных в последнее время способов описания ползучести и возврата в металлах является использование определяющих уравнений, предложенных Ч.О. Фредериком и П.Дж. Армстронгом.

В работе предложены уравнения состояния, которые могут с одинаковой точностью описывать поведение материала как при быстром, так и при медленном изменении циклических составляющих нагружения. Уравнения получены путем применения к исходной модели Армстронга-Фредерика метода многих масштабов с последующим осреднением на периоде изменения напряжения. Выполнено сравнение результатов расчетов на базе прямого интегрирования и с помощью решения осредненной системы дифференциальных уравнений ползучести и возврата, показавшее удовлетворительную степень соответствия расчетных данных.

Приведены результаты расчетов ползучести, сопровождаемой возвратом, для разных периодов изменения циклической составляющей напряжения, соответствующих случаям динамической ползучести (при вынужденных колебаниях) и циклической, с малой частотой. Для последнего случая проанализировано влияние формы цикла напряжений на скорость деформации ползучести и напряжение возврата.

Анализ достоверности, полученное удовлетворительное соответствие данных позволяет рекомендовать полученные осредненные уравнения для использования при анализе деформирования элементов машиностроительных конструкций. Это позволит существенно сократить время вычислений при анализе длительных циклических программ нагружения.