

ОТЗЫВ

на автореферат и диссертацию Цветкова Виталия Владимировича
«Краевые задачи ползучести поверхностно упрочненных цилиндров
при различных видах квазистатического нагружения»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела

Тема диссертации В.В. Цветкова, целью которой является разработка и экспериментальная проверка метода решения краевых задач ползучести поверхностно упрочненных полых и сплошных цилиндрических образцов при различных видах квазистатического температурно-силового нагружения (термоэкспозиция, осевое растяжение, крутящий момент, внутреннее давление и их комбинации) и исследование влияние вида напряженного состояния на релаксацию остаточных напряжений, **актуальна** как для развития самой науки о релаксации напряжений вследствие ползучести материала, так и непосредственно для практических приложений.

В диссертации разработана методика решения краевой задачи о реологическом деформировании и разрушении полых и сплошных цилиндрических образцов в условиях совместного действия растягивающей силы, крутящего момента и внутреннего давления для полых образцов и растягивающей нагрузки и крутящего момента для сплошных образцов.

На основе энергетического варианта теории ползучести и длительной прочности произведена для ряда материалов проверка адекватности предложенной методики решения краевой задачи известным экспериментальным данным по ползучести и длительной прочности цилиндрических образцов при различных видах напряжённого состояния (растяжение, сдвиг, кручение, действие внутреннего давления, растяжение + кручение, растяжение + внутреннее давление). Продемонстрировано соответствие данных расчёта экспериментальным данным и данным расчётов, полученных из независимых источников.

Предложено обобщение модели ползучести и длительной прочности энергетического типа на случай материалов, проявляющих анизотропию свойств ползучести при чистом растяжении и чистом сдвиге. Предложена и реализована методика идентификация параметров модели ползучести анизотропного материала по экспериментальным данным.

На основе разработанной выше методики решения краевых задач о реологическом деформировании и разрушении полых и сплошных цилиндрических образцов с использованием энергетического варианта теории ползучести и длительной прочности, обобщенного на анизотропный случай, разработан метод решения краевых задач для оценки кинетики напряжённо-деформированного состояния в поверхностно упрочнённых цилиндрических изделиях в условиях ползучести при

сложном напряжённом состоянии (термоэкспозиция, осевое растяжение, кручение, внутреннее давление и их комбинации). В этом методе для восстановления напряжённо-деформированного состояния в поверхностно упрочнённом слое сплошного и полого цилиндрических изделий использован подход, описанный в работах В. П. Радченко и М. Н. Саушкина. Выполнена верификация предложенного метода, используя экспериментальные данные по релаксации остаточных напряжений.

Разработан программный комплекс, реализующий все разработанные методики и позволяющий автоматизировать алгоритмы численного решения рассматриваемых краевых задач.

Метод, разработанный и аттестованный в диссертации, позволяет рассчитать перераспределение полей остаточных напряжений в изделии с течением времени и в результате оценить снижение положительного эффекта от применения технологий упрочнения поверхности заготовки. Разработка метода вызвана потребностями практики и потребовала решения ряда научных задач, с чем автор диссертации успешно справился, проявив должную профессиональную подготовку.

В рассматриваемой работе существенно используется процедура наложения текущих напряжений на остаточные. Поэтому считаю необходимым **обратить внимание автора** диссертации на следующее. Обычно, при решении в рамках малых деформаций задач с начальными напряжениями \mathbf{T}_{κ_0} , последние суммируются с напряжениями \mathbf{T}_{κ} , которые возникают в текущей конфигурации κ и определяются малыми деформациями \mathbf{e} относительно начального напряженного, но недеформированного состояния κ_0 , $\mathbf{T}_{\kappa} = \mathbf{T}_{\kappa}(\mathbf{e})$, и полное напряжение представляется в виде

$$\mathbf{T} = \mathbf{T}_{\kappa_0} + \mathbf{T}_{\kappa}(\mathbf{e}). \quad (*)$$

Такое суммирование осуществляется и в настоящей диссертации. В соотношении (*) начальное, текущее и полное напряжения отнесены в общем случае к разным площадкам: \mathbf{T}_{κ_0} к площадке с величиной и направлением (нормалью), соответствующим конфигурации κ_0 , а \mathbf{T}_{κ} и \mathbf{T} к площадке с величиной и направлением (нормалью), соответствующим конфигурации κ . Поэтому их нельзя в общем случае суммировать в виде (*). Нужно, как показано в публикациях [1-3], привести напряжение \mathbf{T}_{κ_0} к текущей площадке (исходя из равенства главного вектора усилий на этих ориентированных (определяемых нормалью) площадках) и записать соотношение (*) в виде $\mathbf{T} = \hat{\mathbf{T}} + \mathbf{T}_{\kappa}(\mathbf{e})$, где, в случае определения $\mathbf{T}_{\kappa}(\mathbf{e})$ законом Гука,

$$\hat{\mathbf{T}} = [1 - I_1(\mathbf{e})]\mathbf{T}_{\kappa_0} + \mathbf{h} \cdot \mathbf{T}_{\kappa_0} + \mathbf{T}_{\kappa_0} \cdot \mathbf{h}^T. \quad (**)$$

Здесь $I_1(\mathbf{e})$ - первый инвариант тензора малых деформаций \mathbf{e} , $\mathbf{h} = \mathbf{e} + \mathbf{d}$ и \mathbf{d} - тензор малых вращений при переходе из начального состояния (конфигурации κ_0) в близкое текущее (в конфигурацию κ). Поэтому, чтобы считать, что $\hat{\mathbf{T}} = \mathbf{T}_{\kappa_0}$ и пренебречь в (***) тремя последними слагаемыми, нужно показать, что эти слагаемые малы по сравнению с \mathbf{T}_{κ_0} . Но, даже если такая малость будет продемонстрирована, это еще не дает возможность заключить, что $\hat{\mathbf{T}} = \mathbf{T}_{\kappa_0}$, т.к. в диссертации вводится параметр поврежденности, с которым связывается уменьшение площадки, на которой действует напряжение, что никак не отражено в (***), где учитывается изменение площадки только за счет кинематики процесса. Чтобы учесть влияние поврежденности на величину и направление элементарной площадки и оценить изменение от этого в начальном напряжении, нужны дополнительные соотношения типа (**).

1. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. М.: Мир, 1975. 592 с.
2. Никитин Л.В. Об анизотропии упругой среды с начальными напряжениями // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1983. № 12. С.29-33.
3. Новокшанов Р.С., Роговой А.А. О построении эволюционных определяющих соотношений для конечных деформаций // Известия РАН. Механика твердого тела. 2002. № 4. С.77-95.

Сказанное выше следует рассматривать как пожелание для дальнейшего уточнения полученных результатов и никак не умоляет ценности выполненного исследования, направленного на разработку метода решения краевых задач для оценки кинетики напряжённо-деформированного состояния в поверхностно упрочнённых цилиндрических изделиях в условиях ползучести при сложном напряжённом состоянии.

Автореферат в полной мере отражает суть проведенных автором исследований, оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ. Диссертация «Краевые задачи ползучести поверхностно упрочнённых цилиндров при различных видах квазистатического нагружения» полностью соответствует Паспорту специальности 01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела, является научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней», а соискатель Виталий Владимирович Цветков заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела.

Заслуженный деятель науки РФ,
доктор физико-математических наук,
профессор по специальности

«Механика деформируемого твердого тела»
Роговой Анатолий Алексеевич,
заведующий лабораторией нелинейной механики
деформируемого твердого тела
Института механики сплошных сред
Уральского отделения Российской академии наук
- филиала федерального государственного
бюджетного учреждения науки Пермского
федерального исследовательского центра
Уральского отделения РАН



Анатолий Алексеевич Роговой

09.06.2018

Докторская диссертация защищена по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Адрес места основной работы: 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, 1

Сайт организации: <https://www.icmm.ru>

Рабочий телефон: (342) 237-84-59.

Адрес эл. почты: rogovoy@icmm.ru.

Я, Роговой Анатолий Алексеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Личную подпись	<i>Рогового АА</i>
удостоверяю	<i>Лисенко</i>
Специалист по кадрам	