

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации САФРОНОВА Павла Андреевича на тему:  
«Описание процесса деформирования изгибаемых элементов из сплава с памятью формы  
с учетом разносопротивляемости материала»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа Сафронова П.А. посвящена актуальной проблеме механики деформируемого твердого тела – разработке методики анализа термомеханического поведения простейших элементов конструкций из сплавов с памятью формы (СПФ) типа никелида-титана для случаев изгиба. Дело в том, что большинство известных на сегодняшний день работ по СПФ посвящено либо экспериментальным исследованиям, либо моделированию термомеханического поведения этих материалов в рамках изотермических процессов. Однако, при проектировании и внедрении различных актуаторов, демпфирующих устройств и др., для решения реальных прикладных задач необходимо уметь воспроизводить термомеханический отклик активных элементов таких конструкций в рамках связанной неизотермической постановки.

Рассмотрение исследуемых проблем ведется в рамках современной модели нелинейного деформирования СПФ при фазовых и структурных превращениях. Такой выбор является обоснованным, поскольку используемая модель позволяет качественно и количественно верно описывать широкий круг явлений, характерных для сплавов с памятью формы, а также является многократно верифицированной ранее. Определяющие соотношения отмеченной модели имеют вид блоков дифференциальных уравнений, связывающих внутренние переменные СПФ. В общем случае эти уравнения нельзя проинтегрировать и необходимо решать совместно ввиду связности процессов накопления неупругих деформаций по механизмам фазового и структурного переходов. Кроме того, поскольку рассматриваются проблемы изгиба элементов из СПФ, автором работы проведена модификация модели на случай разносопротивляющегося материала. Простейшее проявление данного свойства заключается в существенном несовпадении диаграмм деформирования в пространстве интенсивностей напряжений и деформаций при одноосном растяжении и сжатии образцов из изотропных СПФ типа нитинола. В рамках модифицированной модели автору работы удалось получить качественно новые решения ряда задач, при этом освещены вопросы поведения изгибаемых элементов для случаев не только одноосного, но и двухосного напряженно-деформированного состояний. В работе рассмотрены два способа задания начальной формы активному элементу конструкции, связанные с явлением мартенситной неупругости и прямым фазовым переходом. Первый можно при малых скоростях нагружения классифицировать как изотермический процесс, в то время как второй относится к неизотермическим процессам и потребовал от автора проведения связанного термомеханического анализа.

Представленные в автореферате результаты исследования хорошо структурированы, имеют понятный вид, а численные решения задач верифицированы по известным точным решениям в предельных случаях. Тем самым, достоверность полученных в диссертационной работе результатов, равно как и их новизна, сомнений не вызывают. Необходимо отметить, что большинство основных печатных работ по теме

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Зх №  
24 05 2019

диссертации опубликованы П.А. Сафроновым без соавторства, что свидетельствует о высокой квалификации диссертанта.

В процессе рецензирования работы возникли следующие замечания по тексту автореферата диссертации:

1. При решении последней задачи, посвященной связанному термомеханическому анализу поведения балки из нитинола в процессе прямого мартенситного превращения под действием постоянного изгибающего момента, в используемых разрешающих соотношениях фигурирует материальная функция  $f(q)$ . Автором работы принято  $f(q)=0$ , при этом объяснение такого выбора (предположения) в тексте автореферата отсутствует,

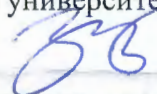
2. В последней задаче автор работы приводит в тексте автореферата излишне подробное описание алгоритма получения ее численного решения, который, по сути, является неявным методом пошагового интегрирования Эйлера. Следовало представить алгоритм в виде блок-схемы, позволяющей исключить громоздкое описание, сохранив при этом простоту и полноту предлагаемого алгоритма.

Несмотря на указанные замечания, общая положительная оценка диссертации Сафронова П.А. остается неизменной. Проведенное исследование содержит элементы научной новизны, а также нашли практическое применение, что подтверждено актом внедрения. Работа, судя по тексту автореферата, соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Сафронов П.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

доктор технических наук (специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), профессор, академик Академии инженерных наук РФ, Заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры сопротивления материалов Волгоградского государственного технического университета

 Багмутов Вячеслав Петрович

доктор технических наук (специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), доцент, заведующий кафедрой сопротивления материалов Волгоградского государственного технического университета

 Захаров Игорь Николаевич

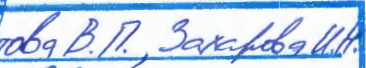
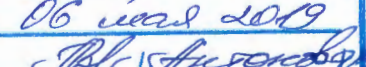

Россия, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолГТУ»), [www.vstu.ru](http://www.vstu.ru), тел.(8442) 24-81-37, E-mail: [sopromat@vstu.ru](mailto:sopromat@vstu.ru), [zakharov@vstu.ru](mailto:zakharov@vstu.ru).

Я, Багмутов Вячеслав Петрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Сафронова Павла Андреевича, и их дальнейшую обработку.

Я, Захаров Игорь Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Сафронова Павла Андреевича, и их дальнейшую обработку.

06.05.2019 г.



Подпись   
ДОСТОВЕРНО   
Нач. общего отдела   
(подпись)