

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
Российской академии наук
(КазНЦ РАН)

ул.Лобачевского, д. 2/31, Казань, 420111
для писем: а/я 261, Казань, 420111
тел. (843) 292-75-97, 231-90-00
факс (843) 292-77-45
e-mail: presidium@knc.ru; <http://www.knc.ru>
ОКПО 33859469, ОГРН 1021602842359,
ИНН/КПП 1655022127/165501001

21.09.2016 №17300-2115.2/307

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Председатель Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки
КАЗАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
Российской академии наук,
академик РАН



Синяшин О.Г.

О Т З Ы В

ведущей организации Казанского научного центра РАН

на диссертационную работу Яковлевой Екатерины Михайловны «Краевые задачи о смешанном нагружении тел с разрезами с учетом накопления рассеянных повреждений в связанной постановке», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Рецензируемая диссертация Е.М. Яковлевой посвящена решению нелинейных задач деформирования и разрушения при смешанных формах нагружения. В работе сформулирована цель анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) в локальной области вершины стационарной трещины. Средством достижения поставленной цели выступает предлагаемый метод определения собственных значений. Проблемы прогнозирования характеристик сопротивления деформированию и разрушению материалов и элементов конструкций являются одними из определяющих в машиностроении и в этом контексте работа Е.М. Яковлевой актуальна.

В постановочной части работы формулируется единый, отчасти формальный, подход к решению задач анализа НДС на основе степенного по форме, но различного по содержанию уравнения, описывающего поведение среды посредством двух конституционных уравнений для упруго-пластического деформирования и условий ползучести, соответственно. Подобную постановку можно отнести к элементам научной новизны диссертационной работы. Также в научном плане заслуживают внимания полученные автором формы областей накопленных повреждений в вершине трещины в полном диапазоне смешанных форм разрушения для условий установившейся ползучести.

Необходимо отметить хорошую эрудицию диссертанта в отношении владения современными аналитическими и вычислительными методами прикладной математики и механики.

По работе имеются следующие замечания.

1. Во введении к диссертации отсутствуют пункты «степень разработанности проблемы» и «теоретическая значимость работы», предусмотренные действующим с 26 марта 2015 года приказом ВАК.

2. Пункт 2 научной новизны таковым не является и должен быть отнесен к элементам практической значимости.

3. В автореферате отсутствует раздел "Положения, выносимые на защиту".

4. Пункт 2 положений, выносимых на защиту в тексте диссертации должен быть переформулирован. Собственно решения упруго-пластических задач ХРР-типа с классическим типом сингулярности для плоского напряженного состояния и плоской деформации представлены много ранее C.F.Shih и В.Н.Шлянниковым. Автор диссертации повторил эти результаты при этом какого-либо сравнения, сопоставительного анализа и доказательств преимущества собственного решения по отношению к известным решениям не приведено. Можно выставлять на защиту только результаты для асимптотики, отличной от классического решения упруго-пластической задачи.

5. Формулировка граничных условий при решении задач смешанных форм деформирования прозвучала дважды в главе 2 и затем в главе 4, хотя достаточно было в главе 4 сослаться на предыдущие разделы главы 2. При этом, несмотря на формальное присутствие в списке литературы работ [139,141], автору диссертации остались неизвестными предложенные в этих публикациях в ведущих мировых изданиях и признанные в литературе метод задания граничных условий и связанный с ним подход и результаты решения нелинейных задач смешанных форм разрушения.

6. Как было отмечено выше, представленные для плоской деформации на рис.4-9 и для плоского напряженного состояния на рис.27-30 соответственно, угловые распределения компонент напряжений для упруго-пластической задачи с классическим показателем сингулярности полностью совпадают с известными решения C.F.Shih и В.Н.Шлянникова. Эти известные решения C.F.Shih и В.Н.Шлянникова имеют четкий физический смысл и принадлежность к доминирующим механизмам разрушения. Так, последовательное изменение положения экстремумов компонент окружных и касательных напряжений, как функций параметра смешанности, находит свое отражение в формулировке классических критериев девиации угла распространения трещины, подтвержденной многочисленными экспериментальными данными для материалов различных классов и свойств.

В решении C.F.Shih данные критерии являются результатом расчетов, а в решении В.Н.Шлянникова используются для формулировки граничных условий.

В противоположность этому, численные результаты автора, представленные на рис.10-12 и на рис.36-41, по решению нелинейной системы уравнений для той же самой упруго-пластической среды в случае, когда показатель сингулярности является искомой величиной, теряют физический смысл и какую-либо адекватность доминирующему механизму разрушения. Принадлежность именно к упруго-пластической задаче идентифицируется уравнениями (2.4) и (4.1). Распределения окружных напряжений переместились в основном в область отрицательных значений. По данным автора, в обычной зоне углов девиации трещины $0 > \theta^* > -80^\circ$ функции окружных напряжений почти не имеют экстремумов, которые перешли в область положительных значений полярного угла θ и группируются в довольно узком диапазоне, не имеющем отношения к экспериментальным данным при вариации параметра смешанности. Тоже самое можно отметить и в отношении распределений касательных напряжений. В поведении радиальной компоненты напряжений появилась особая точка $\theta=0^\circ$ из-за навязанных условий непрерывности распределений.

7. Выбор функции повреждения при ползучести не обоснован по отношению к известным силовым и деформационным моделям накопления повреждений. Зависимость функции повреждения от времени в явном виде не приведена и поэтому не ясен порядок ее сопряжения со скоростями деформаций ползучести в основном конституционном уравнении при реализации численной процедуры.

8. Приемлемой с точки зрения новизны работы и действительно связанный постановки исследований, как это вынесено в название диссертации, была бы логика представления и анализа результатов для плоского напряженного состояния и плоской деформации в следующей последовательности:

- поля параметров НДС для упруго-пластической задачи с ХРР типом сингулярности;
- поля параметров НДС для упруго-пластической задачи с искомым типом сингулярности;
- поля параметров НДС и контуры зоны повреждения для задачи с искомым типом сингулярности в условиях маломасштабной ползучести;
- поля параметров НДС и контуры зоны повреждения для задачи с искомым типом сингулярности в условиях развитой ползучести.

Вместо этого в гл.2 приведены два первых типа полей из приведенного списка для плоской деформации; в гл.3 только контуры зоны повреждения при ползучести; в гл.4 приведены два первых типа полей из приведенного

списка для плоского напряженного состояния и контуры зоны повреждения при ползучести.

9. Поиск собственных значений с точки зрения специальности "Механика деформируемого твердого тела" не имеет самостоятельного значения, если он в результате не приводит к анализу НДС, типов сингулярности и параметров смешанности в вершине трещины. В этом плане глава 5 не завершена, поскольку анализ поведения функции напряжений Эри и ее производных с учетом малых возмущений не доведен до реальных полей напряжений и деформаций, иллюстрирующих значимость рассматриваемых математических постановок.

10. Известно, что поведение материала при упруго-пластическом деформировании и ползучести описывается как минимум двумя экспериментальными константами – коэффициентом и показателем упрочнения или коэффициентом и показателем ползучести. Тем не менее весь численный и графический материал в работе отнесен только к значениям *показателей* упрочнения и ползучести. Должны быть комментарии в каких случаях автомодельных решений *коэффициенты* упрочнения и ползучести выводятся за пределы списка переменных.

11. Литературные ссылки в диссертации в ряде случаев имеют чисто формальный характер и содержание работ не знакомо автору. На стр.21 вместо Дж.Ирвина и Дж.Си авторство трех мод разрушения приписано ссылкам [8,23,70,72,73,76,77,152,153]. На стр.60 автор указывает на принадлежность ссылок [76,78,79,80,81] С*-интегралу, тогда как ни одна из них не имеет к нему отношения. На стр.4 и 15 приведены ссылки на работу [71] в контексте асимптотического анализа, к которому она не относится. Из ссылок [70-88] напрямую 4-5 работ можно отнести к теме диссертации. В тоже время ключевые публикации в ведущих международных изданиях по теме диссертации [139,141] присутствуют только в литературном списке, а по сути опущены автором на предмет их анализа. В разделе 3.3 автор абстрактно рассуждает о необходимости введения нового амплитудного коэффициента в то время как сотрудниками КазНЦ РАН такой параметр введен и опубликован в 2015 году в профильном международном журнале Engineering Fracture Mechanics. Эта фундаментальная работа по профилю диссертации не известна автору и не приведена в списке цитируемой литературы.

12. На стр.58 автор пишет, что на рис.19-26 приведены конфигурации областей поврежденного материала при нормальном отрыве. На самом деле эти рисунки относятся к смешанным формам деформирования и разрушения. Также в тексте отсутствует расшифровка обозначения пяти линий, присутствующих на каждом из этих рисунков.

13. Референом повторяющаяся формулировка "элемент конструкции с трещиной" не очень уместна в качестве объекта исследования, т.к. по сути в

диссертации рассматривается модельная задача для тела бесконечных размеров.

14. Определение "рассеянные" в названии диссертации является излишним, поскольку параметр плотности распределения повреждений нигде не фигурирует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на отмеченные замечания разного плана, считаем возможным высказать общую положительную оценку работы.

Диссертационная работа «Краевые задачи о смешанном нагружении тел с разрезами с учетом накопления рассеянных повреждений в связанной постановке» удовлетворяет критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. № 842, а ее автор Яковлева Екатерина Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Диссертационная работа Яковлевой Е.М. заслушана и обсуждена на объединенном семинаре лаборатории Вычислительной механики деформирования и разрушения КазНЦ РАН и лаборатории Моделирования физико-механических процессов и систем КФТИ РАН, протокол № 1 от 4 марта 2016 года.

Заведующий лабораторией
ВМДР КазНЦ РАН
д.т.н., профессор

С.н.с. лаборатории ВМДР
КазНЦ РАН, к.т.н.

В.Н. Шлянников

Н.В. Бойченко