

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента**

о диссертации **ФОМИНА ЛЕОНИДА ВИКТОРОВИЧА**

«Ползучесть и длительная прочность стержней и пластин при растяжении и изгибе с учетом влияния агрессивной среды»,

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Диссертация Фомина Л.В. посвящена исследованию ползучести и длительной прочности типовых элементов конструкций, а именно, стержней и пластин, находящихся в условии воздействия агрессивной окружающей среды. Суть работы – развитие кинетической теории Ю.Н. Работнова и использование в моделях ползучести и длительного разрушения, как правило, дробно-степенных определяющих и кинетических соотношений с одновременным учетом влияния агрессивной среды на материал этих типовых элементов. Преимущество использования указанных соотношений заключается в возможности проводить анализ скоростей деформаций ползучести и определении долговечности в широком диапазоне напряжений, в том числе близких к пределам кратковременной прочности материала при повышенной температуре. Диссертация представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Диссертация состоит из 4-х глав, введения, заключения и списка литературы, состоящего из 63 источников. Объем диссертации 198 страниц. Основное содержание работы отражено в 21 печатной публикации, в том числе в 9 научных статьях, из которых 8 входят в перечень ВАК РФ.

### **Актуальность работы.**

Исследование в данной области имеет как фундаментальное для развития механики деформируемого твердого тела, в частности теории ползучести, так и прикладное значение, актуальность которого очевидна для обеспечения надежности и долговечности работы элементов конструкций, работающих в условиях воздействия длительных нагрузок, высоких температур и агрессивных сред. Результаты этих исследований могут быть использованы, в частности, в энергетическом и химическом машиностроении, в которых элементы оборудования и конструкций (внешние и внутренние опорные устройства) работают в контакте с агрессивными средами.

### **Анализ содержания работы.**

**В главе 1** рассматривается ползучесть и длительное разрушение стержней при растяжении в агрессивной среде. Для анализа влияния среды используется приближенный метод решения уравнения диффузии, основанный на введении диффузионного фронта. На основе кинетической теории Ю.Н. Работнова с использованием указанного приближенного метода решения, автором рассматриваются модельные задачи длительной прочности. Проведена обработка и анализ известных экспериментальных данных по длительной прочности в высокотемпературной агрессивной среде, выполнено сравнение времен до разрушения в стержнях с различной формой поперечных сечений при равенстве характерных размеров. Выполнено моделирование изменения диффузионного процесса с помощью коэффициента диффузии, зависящего от концентрации агрессивной среды; решена связанная задача о диффузии и накоплении поврежденности.

**В главе 2** автором решен цикл задач о чистом изгибе стержней при ползучести с учетом разносопротивляемости материала растяжению и сжатию, дополнительно с учетом накопления поврежденности при ползучести и дополнительно с учетом влияния агрессивной среды.

Определены характерные параметры изгиба, особенности накопления поврежденности и времена до разрушения с учетом распространения фронта разрушения.

**Глава 3** посвящена исследованию длительного разрушения пластины при изгибе, находящейся в условии сложного напряженного состояния с учетом влияния агрессивной среды. Рассмотрено нагружение пластины в различных плоскостях кусочно-постоянными, распределенными по краям пластины изгибающими моментами. Для анализа времен до разрушения в условиях воздействия агрессивной среды используются как скалярное, так и векторное представления поврежденности. Проведены расчеты с применением степенного и дробно-линейного определяющего соотношения и показано, что при использовании векторного параметра поврежденности времена до разрушения больше, чем при использовании скалярного.

**В главе 4** предлагается новый метод определения поврежденности на основе обработки серии экспериментальных кривых ползучести с использованием определяющего соотношения скорости деформации ползучести. Проведена обработка известных экспериментальных данных по ползучести и построены зависимости поврежденности от времени в предположении возникновения поврежденности только на стадии ускоряющейся ползучести, предшествующей разрушению.

#### **Замечания по работе.**

1. В работе пренебрегается мгновенной упругопластической деформацией, которая может вызвать упрочнение материала и влиять на скорость деформации ползучести.

2. К сожалению, в работе были использованы только опытные данные других авторов и не были проведены эксперименты, позволяющие проверить соответствие расчетных и экспериментальных данных.
3. В предлагаемой работе были рассмотрены только диффузионные аспекты влияние агрессивной среды на материал, а на практике может иметь место также химическое взаимодействие агрессивной среды с материалом.

### **Научная новизна.**

Новизна исследования в диссертационной работе заключается в применении дробно-степенных определяющих и кинетических соотношений ползучести и длительной прочности с одновременным учетом влияния агрессивной окружающей среды.

Новыми, впервые полученными в данной работе лично автором, являются следующие научные результаты:

- 1) На основе приближенного метода решения уравнения диффузии проведена оценка влияния среды на длительную прочность стержней и пластин, определены времена до разрушения стержней в агрессивной среде при условии замедления диффузионного процесса.
- 2) Решена нелинейная краевая задача о взаимном влиянии диффузии и накопления повреждений на длительное разрушение с учетом влияния агрессивной среды.
- 3) Решен цикл задач об изгибе балки при ползучести с учетом разносопротивляемости материала при растяжении и сжатии, с дополнительным учетом поврежденности и дополнительным учетом влияния агрессивной среды.

- 4) Определены времена до разрушения пластины при изгибе в условии сложного напряженного состояния и влияния агрессивной среды.
- 5) Предложен новый метод определения поврежденности с использованием серии кривых ползучести и определяющего соотношения.

### **Достоверность**

Достоверность научного исследования, проведенного автором, определяется использованием классического аппарата механики сплошных сред и подтверждены строгими математическими выводами, основанными на положениях механики. Численные расчеты проведены с использованием физически и механически обоснованных параметров материалов и диффузионного процесса и согласуются с известными расчетно-экспериментальными данными.

**Практическую ценность** диссертационной работы определяет её актуальность и представляют собой проведенные исследования, поскольку они отражают поведение типовых элементов конструкций, таких как стержень и пластина, находящихся в условиях воздействия длительных нагрузок, высоких температур и агрессивных сред. Применяемые дробно-степенные соотношения позволяют проводить анализ напряженно-деформированного состояния этих элементов и материала в широком диапазоне напряжений, в том числе, при напряжениях, близких к пределам прочности материала при растяжении и сжатии.

**Автореферат** отражает содержание диссертации и полученные результаты.

**Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.02.04.**

**Общая оценка работы.** Диссертация представляет собой целостное научное исследование по актуальной теме, имеет фундаментальный характер

и практическую значимость. Автор проявил себя высококвалифицированным научным работником, способным решать сложные научно-исследовательские проблемы на высоком научном уровне.

Таким образом, можно сделать заключение, что диссертационная работа по научному уровню, объему, изложению и научно-практическому содержанию удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Фомин Леонид Викторович, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент

Заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук доктор физико-математических наук

E-mail: alduman@rambler.ru  
Тел.: +7-499-1353074  
101990, г. Москва,  
Малый Харитоньевский переулок, 4.

Думанский Александр  
Митрофанович

12.10.2015

*подпись Думанского А.В.,  
заведующего  
кафедрой ИИИ*

