

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Нескородева Романа Николаевича «Методы исследования неклассических моделей упругого и вязкоупругого деформирования многосвязных тонкостенных конструкций и геомассивов», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертационной работы Р.Н. Нескородева связана, во-первых, с внутренней логикой развития фундаментальных исследований по проблемам механики деформируемого твердого тела в направлении дальнейшего эффективного учета различных факторов усложнения геометрических и физико-механических свойств конструкций и сооружений, и переходом к анализу соответствующих неклассических моделей деформационных процессов. Вместе с тем, данные исследования стимулируются и многочисленными важными прикладными запросами.

Соответствующие усложнения в математическом описании неклассических моделей требуют, в свою очередь, разработки новых модификаций методов их исследования. При этом, в условиях расширяющегося применения стандартизированных сеточных и конечно-элементных методов для анализа моделей деформирования, развитие аналитико-числовых подходов имеет важное значение, поскольку при использовании такого подхода может быть реализован качественный анализ исследуемых процессов, осуществляется поэтапный контроль достоверности промежуточных и конечных результатов решения

К числу разделов механики деформируемого твердого тела, для которых весьма актуальна разработка аналитико-числовых методов анализа неклассических моделей учета усложненных физико-механических и геометрических характеристик, относятся модели комплексного учета анизотропии, свойств ползучести и влияния усложненной геометрии контурных очертаний границ неоднородностей применительно к изучению эффектов формирования и взаимодействия полей напряжений в массивах горных пород с выработками неканонических поперечных сечений. Учет анизотропии вязкоупругого деформирования геоматериалов и модифицированный подход к описанию геометрии контуров сечений определяют неклассический характер данных моделей, для которых в исследованиях крайне затруднено применение существующих операторных методов учета реологических свойств горных пород и методов параметрического описания усложненной геометрии сечений на базе теории конформных отображений.

Одним из классов актуальных неклассических моделей деформирования тонкостенных конструктивных элементов являются модели вязкоупругого изгиба анизотропных плит, направлением совершенствования которых для получения



более адекватных оценок прочности и надежности этих конструкций в сравнении с доминирующей в прикладных расчетах классической теорией Кирхгофа-Лява, является учет деформаций поперечного сдвига. В этой связи, разработка подходов к исследованию напряженно-деформированного состояния вязкоупругих анизотропных плит на основе приемов редукции пространственной модели их деформирования для случая плит малой толщины и разработка методов решения соответствующих типов краевых задач также относится к ряду актуальных современных проблем в развитии математических методов механики деформируемого твердого тела.

Таким образом, в целом решение фундаментальных и прикладных заданий по разработке эффективных аналитико-числовых методов изучения вязкоупругого напряженно-деформированного состояния анизотропных многосвязных элементов тонкостенных конструкций и геомассивов с протяженными цилиндрическими полостями-выработками усложненных сечений, является актуальной научной проблемой, имеющей важное фундаментальное и прикладное значение и определяющей цели и задания представленного диссертационного исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Выводы, сформулированные в отдельных разделах диссертации, а также обобщенные совокупные выводы по работе в целом, являются содержательными, в полной мере отвечают этапам и научно значимым результатам проведенных аналитических и численных исследований рассматриваемых моделей.

Научные положения работы, вынесенные на защиту, также логично следуют из систематизированных материалов осуществленных, проанализированных и обобщенных исследований, и правильно отражают существо каждого из выдвигаемых положений, их фундаментальную и практическую значимость.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы на этапах постановки рассматриваемых проблем подтверждается строгостью формулировок рассматриваемых задач в рамках математически обоснованных апробированных моделей теории деформирования линейно-вязкоупругих анизотропных деформируемых сред и элементов конструкций; применением в теоретических исследованиях рассматриваемых моделей апробированных математических методов, в том числе методов алгебры дробно-рациональных функций, матричной алгебры, алгебры логики, теории R-функций; аппарата теории функций обобщенных комплексных переменных. В процессе численных исследований применяются апробированные вычислительные алгоритмы дискретного метода наименьших квадратов, метода теории специальных функций; методы малого параметра и теории разложений функций в ряды Лорана, методы теории конформных отображений. Достоверность результатов и выводов обосновывается также сопоставлениями и согласованностью данных, полученных на основе разработанных в диссертации методов и отдельных частных результатов других авторов, полученных на базе иных методов.

К наиболее значимым новым результатам следует отнести.

1. Впервые разработан численно-аналитический метод обращения операторов определяющих уравнений деформирования анизотропных вязкоупругих сред без использования аналитических представлений ядер ползучести и релаксации.

2. Впервые построена численно-аналитическая методика исследования задач вязкоупругости для анизотропных сред, которая для произвольных моментов времени сводится к применению алгоритмов той же структуры, которые используются при решении задач теории упругости анизотропного деформируемого тела без учета реологических эффектов.

3. Впервые применительно к исследованию эффектов ползучести и релаксации в задачах деформирования анизотропных массивов горных пород предложен метод преобразования интегральных уравнений состояния к уравнениям закона Гука с параметрическими зависимостями деформативных характеристик материалов от времени.

4. Впервые на основе применения разработанных методов и с учетом различных гипотез об упругой сжимаемости либо несжимаемости рассматриваемых материалов реализованы исследования обобщенного плоского напряженного состояния бесконечных ортотропных вязкоупругих пластин с эллиптическим свободным или жестко закрепленным отверстием.

5. Впервые применительно к исследованию процессов двумерного деформирования тел с локализованными неоднородностями гладких очертаний предложен новый теоретический аналитико-числовой алгоритм построения замкнутых граничных кривых сложных конфигураций как совокупностей участков в виде эллиптических дуг контуров пересечений либо объединений вспомогательных выпуклых областей.

6. Предложен новый теоретический аналитико-числовой алгоритм редукции системы пространственных соотношений теории упругости, описывающих изгибное деформирование изотропных и трансверсально-изотропных пластин, применительно к пластинам малой толщины. Получен комплекс разрешающих соотношений новой уточненной теории изгиба ослабленных отверстиями пластин указанного типа в виде системы двумерных дифференциальных уравнений в частных производных шестого порядка, а также описан соответствующий способ удовлетворения краевым условиям на границах отверстий.

7. Впервые предложен теоретический алгоритм аналитико-числовой редукции системы пространственных соотношений теории упругости, описывающих изгибное деформирование ортотропных пластин, с переходом к новой уточненной теории изгиба тонких ортотропных пластин с отверстиями, содержащей разрешающее соотношение в виде двумерного дифференциального уравнения в частных производных шестого порядка, а также разработан соответствующий аналитико-числовой метод его решения и удовлетворения соответствующим краевым условиям на границах отверстий.

8. Впервые осуществлены разработка и применение аналитико-числового метода определения в уточненной постановке вязкоупругого напряженного состояния изгибаемых изотропных, трансверсально-изотропных и ортотропных пластин с эллиптическим отверстием.

9. С применением комплекса предложенных методов впервые выявлен и описан ряд специфических эффектов изменения напряженно-деформированного состояния геомассивов вблизи горных выработок с усложненными формами поперечных сечений в зависимости от времени их эксплуатации и физико-механических свойств вмещающих пород.

10. Впервые обобщены и систематизированы новые данные о закономерностях напряженно-деформированного состояния изгибаемых вязкоупругих пластин с отверстиями в зависимости от их геометрических характеристик, вида и степени анизотропии, а также периода приложения нагрузок.

Анализ научных результатов автора, представленных в автореферате и в семи разделах диссертации, а также на основе изучения библиографического списка его научных публикаций, позволяет сделать вывод о том, что все сформулированные цели и задачи исследования в полной мере реализованы, полученные научные результаты с высокой степенью полноты отражены в опубликованных автором работах. Результаты диссертационного исследования представлены в сорока четырех научных публикациях автора, в том числе в двадцати пяти публикациях в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК МОН ДНР. Семь научных работ опубликованы в журналах, включенных в ведущие международные наукометрические базы. Большинство научных публикаций выполнены без соавторов. Апробация результатов проходила также на ряде научных семинаров и на четырнадцати научных конференциях.

Замечания по содержанию диссертационной работы и ее автореферата.

1. На мой взгляд, первое научное положение сформулировано не вполне удачно. Как вариант предлагается следующая формулировка. "Разработан новый метод решения линейных задач вязкоупругого деформирования, базирующийся на взаимном определении функций релаксации и ползучести по известным экспериментальным данным и исключаящий аналитическую аппроксимацию соответствующих ядер, что позволяет эффективно исследовать широкий круг важных фундаментальных и прикладных задач устойчивости конструкций.

2. На стр.32 автор утверждает, упругая модель является основной моделью горных пород. Данное утверждение, как минимум, спорное. В геомеханических исследованиях используется множество иных представлений, например, модели упругопластического тела, блочно-трещиноватых и пористых сред и т.п.

3. В п. 2.2.4 автор приводит достаточно простую и естественную "схему сглаживания". Однако это относится к затухающему процессу деформирования, когда уровень нагрузок меньше предела прочности. Как быть, если процесс не носит затухающего характера, по крайней мере, по экспериментальным данным, тем

более что в задачах геомеханики уровень нагрузок, как правило, существенно превышает предел прочности вмещающих пород?

4. В разделе 3 рассмотрены два варианта (незакрепленный и жестко подкрепленный контур) и не рассматривалась задача о контуре с существенным подпором. Во всяком случае, данные задачи очень часто встречаются в геомеханике. Например, крепи шахтных стволов.

5. На стр. 123 рассматривается модель слоистого массива как трансверсально-изотропной среды с необоснованным предположением, что толщина слоя на порядок меньше поперечного размера выработки. В реальном случае имеет место обратная картина. Мощность слоев соизмерима, а зачастую, существенно больше характерного размера горной выработки.

6. В разделе 4 автор рассматривает формирование полей напряжений исключительно под воздействие гравитационных сил. На мой взгляд, более корректно все-таки учет произвольного бокового распора, поскольку горные выработки попадают в различные геомеханические зоны (повышенного горного давления, разгрузки и т.п.), тем более, что принципиальных трудностей не возникает.

7. В п. 4.6.2 решается задача о жестко подкрепленной выработке. В постановке задачи предполагается "мгновенное" появление выработки. Однако, в процессе проведения выработки до момента установки крепи происходит реализация некоторой части смещений. Соответственно, в (4.37) $U_i \neq 0$.

8. На стр. 144 автор, ориентируясь на данные других исследователей, утверждает, что продолжительность ползучести составляет несколько сотен часов. Это не корректно. Во всяком случае, в нормативных документах развитие деформаций контура выработок, в зависимости от геомеханических условий, происходит от 2 до 15 и более лет.

9. В п. 5.5 не вполне удачный выбор геометрических параметров горной выработки. См. например, "типовые паспорта...".

10. Имеется ряд редакционных замечаний, которые переданы автору.

Подчеркну, что указанные замечания не снижают общей позитивной ее оценки.

Резюмируя представленные характеристики работы можно констатировать, что диссертация Нескородова Р.Н. представляет собой самостоятельное завершённое научное исследование на актуальную тему, в результате которого решена крупная научная проблема, имеющая важное фундаментальное и прикладное народнохозяйственное значение. Совокупность вынесенных на защиту научных положений и результатов имеет высокий приоритетный уровень научной новизны. В тематическом отношении и по спектру конкретных полученных научных результатов, диссертационная работа в полной мере соответствует паспорту научной специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела. Количественные и качественные характеристики научных публикаций по теме ра-

боты отвечают установленным требованиям. Текст автореферата в необходимой мере отражает основное содержание диссертации.

Вышеизложенное позволяет сделать следующее заключение. Диссертационная работа на тему «Методы исследования неклассических моделей упругого и вязкоупругого деформирования многосвязных тонкостенных конструкций и геомассивов», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела, соответствует всем требованиям п. 2.1 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Нескородов Роман Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент
доктор технических наук,
старший научный сотрудник,
заместитель директора по научной работе
Государственного бюджетного учреждения
«Республиканский академический
научно-исследовательский
и проектно-конструкторский
институт горной геологии,
геомеханики,
геофизики и маркшейдерского дела»



Дрибан Виктор Александрович

Государственное бюджетное учреждение
«Республиканский академический
научно-исследовательский и
проектно-конструкторский институт горной геологии,
геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела»,
283004, Донецкая Народная Республика,
г. Донецк, ул. Челюскинцев, д. 291
тел. +7(856)3002792,
e-mail: ranimi@ranimi.org

Я, Дрибан Виктор Александрович, согласен на автоматизированную обработку
моих персональных данных