

## ОТЗЫВ

*на автореферат диссертации Федорова Андрея Юрьевича*

*«Исследование и оптимизация напряжённого состояния в окрестности особых точек упругих тел», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела*

### **Актуальность исследования.**

Со второй половине 20-го века интенсивно развивается математический аппарат для численного анализа задач теории упругости с сингулярными решениями. Как правило, это задачи с особыми точками или линиями: точки смены типа граничных условий, нарушения гладкости границы, контакта различных материалов. Формально в этих точках напряжения стремятся к бесконечности. Очевидно, что изучение такой критической ситуации актуально как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Математическим методам исследования краевых задач с точками сингулярности и численных методов их решения посвящено большое число публикаций. Но в то же время не всегда ясно, как эти абстрактные методы применить к конкретным задачам механики. Данная диссертация в значительной мере способствует устраниению этого пробела. С одной стороны, рассмотренные задачи имеют ясный механический смысл, с другой стороны, используемые методы исследования имеют достаточный уровень математической строгости.

Предположения, которые используются инженерами-механиками при расчете kleевых и адгезионных соединений, как оказалось, не всегда оправданы. Распределение напряжений в таких соединениях имеет неравномерный характер, и сделанные автором диссертационной работы расчеты наглядно демонстрируют более приемлемый подход.

Таким образом, поставленные в диссертации научные задачи актуальны.

## **Основные научные результаты.**

1. Систематизированы сингулярные решения для двумерных (и сводящихся к двумерным) задач теории упругости. Эти результаты дают возможность нахождения показателей сингулярности напряжений, и построения границы между решениями с сингулярностью и без неё в пространстве параметров, определяющих эти решения. Предложен численный алгоритм оценки показателя степенной зависимости напряжений в окрестности особых точек для различных задач теории упругости.
2. Установлено, что поведение напряжений в окрестности особых точек упругих тел из функционально-градиентных материалов такое же, как и в соответствующем по геометрии однородном теле с упругими характеристиками, совпадающими с константами функционально-градиентного материала в особой точке.
3. Поставлена задача выбора геометрии и параметров функционально-градиентного материала в окрестности особых точек упругих тел, обеспечивающих оптимальное распределение заданной характеристики напряжённого состояния. На основе решений задач оптимизации напряжённого состояния в окрестности особых точек установлено, что в оптимальном варианте параметры геометрии окрестности особой точки и значения упругих постоянных в этой точке определяют границу между решениями с сингулярностью и без сингулярности напряжений.

Вышеперечисленные научные результаты являются новыми.

## **Практическая значимость результатов.**

Проиллюстрирована эффективность использования установленного свойства оптимальных решений в окрестности особых точек для снижения концентрации напряжений на поверхности соединения различных материалов, в том числе в kleевых соединениях. В связи с наличием в окрестности особых точек концентрации напряжений предложено использовать закономерности, полученные для оптимальных решений в

окрестности особых точек, для совершенствования методик испытания на прочность клеевых соединений.

В целом, практическая значимость определяется созданными алгоритмами решения задачи оптимизации геометрии и свойств материала в окрестности особых точек. Диссертационная работа тесно связана с практическими задачами прочности конструкций.

### **Достоверность результатов.**

Полученные результаты представляются достоверными, поскольку выполнено сопоставление полученных решений с существующими аналитическими решениями, с исследованиями других авторов, и частично с экспериментальными данными.

### **Недостатки автореферата.**

Замечу, что недостатки отражают субъективное мнение рецензента, и не меняют в целом положительную оценку работы.

1) В автореферате, при записи решений (1), не определены величины  $u_r$ ,  $u_\phi$ , и читатель должен сам догадываться, что это перемещения. Поэтому понимание следующего абзаца затруднено, так как сразу неясно, почему напряжения стремятся к бесконечности (это следует из соотношения  $\frac{\partial u_r}{\partial r} \sim \sigma_r$ ).

2) Несмотря на то, что большая часть работы посвящена решениям краевых задач механики, в автореферате нет ни одной формулировки краевой задачи в явном виде. Это затрудняет понимание объекта исследования, тем более, что часть вычислений проведена в полярных координатах.

3) В автореферате, к сожалению, имеются очень громоздкие, сложные предложения. Из-за этого некоторые результаты трудно осознать при первом чтении.

По-видимому, все вышеперечисленные недостатки обусловлены ограниченностью объема автореферата.

## **Заключение.**

Судя по автореферату, диссертационная работа «Исследование и оптимизация напряженного состояния в окрестности особых точек упругих тел» является законченным научным исследованием, и соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней». Автор работы, Федоров Андрей Юрьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Отзыв составил Ткаченко Олег Павлович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ВЦ ДВО РАН, рабочий телефон: 8-(4212)-704342, e-mail: [olegt1964@gmail.com](mailto:olegt1964@gmail.com)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Вычислительный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (ВЦ ДВО РАН). Адрес: 680000, г. Хабаровск, ул. Ким-Ю-Чена, д. 65.

Я, Ткаченко Олег Павлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук

  
—  
02.06.2016

О.П. Ткаченко

Подпись Ткаченко О.П. заверяю



ГЛАВНЫЙ  
ОТДЕЛ  
КАДРОВ  
отдела Федоров  
 А.И. Фед'кина

02.06.2016