

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.300.02  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЧУВАШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.Я. ЯКОВЛЕВА»  
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 16.09.2015 № 21

О присуждении Буханько Анастасии Андреевне, гражданке Российской Федерации учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Теория пластического течения в механике разрушения и её приложения» по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела принята к защите 08 июня 2015 г., протокол № 16 диссертационным советом Д 212.300.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», Министерство образования и науки РФ, 428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38, приказ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Буханько Анастасии Андреевне 1977 года рождения. Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук «Контактные задачи и концентраторы деформаций. Деформация и разрушение» по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела защитила в 2003 году в диссертационном совете Д 005.007.02, созданном на базе Института автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИАПУ ДВО РАН). В 2014 году окончила докторантуру при ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)» (СГАУ). Работает доцентом кафедры высшей

математики (по совместительству) в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)» (СГАУ).

Диссертация выполнена на кафедре космического машиностроения ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)» (СГАУ).

Научный консультант – заслуженный деятель науки РФ, доктор физико-математических наук, профессор Хромов Александр Игоревич, профессор кафедры прикладной математики и информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» (КнАГТУ).

Официальные оппоненты:

1. БУРЕНИН Анатолий Александрович, член-корреспондента РАН, доктор физико-математических наук, профессор, директор федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук;

2. КУРГУЗОВ Владимир Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории механики разрушения материалов и конструкций федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук;

3. РАДЧЕНКО Владимир Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательной учреждение высшего образования «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск) в своем положительном заключении, подписанным Сенашовым Сергеем Ивановичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой информационных экономических систем, утвержденном проректором по информатизации и коммерциализации научных разработок – начальником научно-исследовательского управления СибГАУ, к.т.н. Зеленковым П. В., указала, что диссертационная работа Буханько А.А. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение важной научной задачи, связанной с разработкой фундаментальных основ механики разрушения для описания процессов разрушения материалов при их деформировании в рамках теории пластического течения; предложенный подход позволяет учитывать конечность деформаций, исключить сингулярность полей деформаций и диссиpации энергии в окрестности особенностей поля скоростей перемещений.

Соискатель имеет 66 опубликованных научных работ; основное содержание диссертации отражено в 54 публикациях, в том числе 18 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, включая ведущие научные журналы: «Доклады Академии наук», «Известия РАН. МТТ», «Прикладная математика и техническая физика»; а также в сборниках тезисов докладов и трудов международных и всероссийских конференций и семинаров. Персональный вклад автора в опубликованные работы определяется основными положениями, выносимыми на защиту; автор участвовал в постановке задач и их решении как основой исполнитель. Объём научных изданий 27,5 печатных листов. Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Хромов А. И., Буханько А. А., Степанов С. Л. Концентраторы деформаций // Доклады Академии наук. 2006. Т. 407, № 6. С. 777–781.

2. Хромов А. И., Буханько А. А., Козлова О. В., Степанов С. Л. Пластические константы разрушения // Прикладная механика и техническая физика. 2006. Т. 47, № 2. С. 147–155.
3. Буханько А. А., Степанов С. Л., Хромов А. И. Растворения полосы с V-образными вырезами и разрушение пластических тел // Известия Российской академии наук. Механика твёрдого тела. 2007. № 3. С. 177–186.
4. Буханько А. А., Григорьева А. Л., Кочеров Е. П., Хромов А. И. Деформационно-энергетический критерий разрушения жёсткопластических тел // Известия Российской академии наук. Механика твёрдого тела. 2009. № 6. С. 178–186.
5. Буханько А. А., Хромов А. И. Пластическое течение в вершине трещины, деформации и энергетический критерий разрушения // Доклады Академии наук. 2012. Т. 442, № 3. С. 333–336.
6. Буханько А. А., Хромов А. И. Пластическое течение в окрестности вершины трещины. Энергетический критерий разрушения и его связь с J-интегралом // Прикладная механика и техническая физика. 2012. Т. 53, № 6. С. 112–120.
7. Буханько А. А. Условие пластичности, связанное с линиями уровня поверхности деформационных состояний, и особенности его приложения в теории идеальной пластичности // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2013. № 1(30). С. 199–206.
8. Буханько А. А. Условие пластичности, связанное с линиями уровня поверхности деформационных состояний, для различных процессов деформирования // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. 2013. № 9–2(110). С. 43–54.
9. Хромов А. И., Буханько А. А., Овчинникова С. А. Предельное состояние и малоцикловая усталость пластических материалов // Дальневосточный математический журнал. 2013. Т. 13, № 1. С. 148–158.

10. Буханько А. А., Лошманов А. Ю., Хромов А. И. Предельные состояния пластических тел // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2013. № 3(17). С. 94–102.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

- Отзыв ведущей организации содержит следующие замечания:
  - 1) В работе утверждается, что введённое условие пластичности позволяет учитывать эффект Баушингера. Однако известно, что эффект Баушингера проявляется при повторном нагружении противоположного знака, которое в работе не исследуется;
  - 2) При введении поверхности нагружения, связанной с линиями уровня поверхности деформационных состояний, главные оси в пространстве деформаций и напряжений совпадают. Постулируется ли совпадение главных направлений тензоров напряжений и деформаций во время всего процесса деформирования? Если постулируется, то это значительно ограничивает виды процессов нагружения;
  - 3) В задачах рассчитываются поля деформации и удельной диссиpации энергии, но не приведены расчёты для поля напряжения, которые необходимы для определения удельной диссиpации энергии.
- Отзыв официального оппонента – директора ФГБУН Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН, член-корреспондента РАН, д.ф.-м.н., профессора Буренина Анатолия Александровича содержит следующие замечания:
  - 1) Выбор предпочтительного решения только декларируется. Когда это выделяется отдельным параграфом, то подразумевается, что последуют обсуждения, тем более, что подобное декларирование выглядит сомнительно;
  - 2) Предложение нового условия текучести подразумевает его использование в новых решениях и их анализе. С сожалением замечаем, что этого в работе нет и ссылки на вырождение предлагаемого условия пластичности в условия Мизеса и условие полной пластичности в определенных случаях

напряженно-деформационных состояний данное принципиальное для диссертации замечание не снимает;

3) Остается непонятным смысл параграфа 5.2. Неустойчивость продвижения надреза приводит к тому, что новых свободных поверхностей не возникает, в то время как надрез продвигается?! Надеюсь, что автор объяснит данное противоречивое обстоятельство в условиях защиты;

4) Уже высказывалось категорическое несогласие с возможностью в рамках защищаемого подхода полагать область вне зоны течения упругой. В противном случае все наработанные результаты неприменимы для пластической области. Надеюсь, что в ходе защиты автор откажется от данного совершенно не принципиального положения.

– Отзыв официального оппонента – ведущего научного сотрудника лаборатории механики разрушения материалов и конструкций ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, д.ф.-м.н., профессора Кургузова Владимира Дмитриевича содержит следующие замечания:

1) Как понять фразу на стр. 69 «...при движении двух частиц, достаточно близко примыкающих к вершине выреза сверху и снизу, расстояние между новым положением одной частицы до продолжения свободной поверхности, в положение которой переместится вторая частица, определяется выражением...». Видимо автор хотел сказать, что расстояние между частицами будет увеличиваться, но это ни в коей мере не свидетельствует о разрушении материала.

2) В разделе 2.3.3 рассматривается несимметричное пластическое течение в окрестности вершины углового выреза, но не сказано о причинах проявления несимметричности. Если материал однороден, полная симметрия в нагрузках и в геометрии, то откуда появляется несимметричное деформирование? Наблюдается ли такое явление в экспериментах?

3) Стр. 137. Поверхность нагружения предлагается строить на основе экспериментов по одноосному деформированию плоских и цилиндрических образцов. Можно ли данные одноосного деформирования переносить на

трехосное напряженное состояние? Не нужно ли дополнить эти данные экспериментами на кручение и растяжение/сжатие с обжимом?

4) Странный рис. 5.2 на стр. 156. Почему пластическая область обрезана отрезком ВЕ? У Райса [140, стр. 286, рис. 23] совсем другая картина.

5) Стр. 172. Почему угловой вырез затупляется, а трещина нет? Расчет методом конечных элементов показывает, что прямолинейная острыя трещина нормального отрыва в упругопластическом материале должна затупляться. Чем трещина отличается от углового выреза?

– Отзыв официального оппонента – заведующего кафедрой прикладной математики и информатики ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», д.ф.-м.н., профессора Радченко Владимира Павловича содержит следующие замечания:

1) Поскольку автора интересуют лишь приближённые аналитические решения, то она вводит априорно для каждой задачи (или типа задач) достаточно большое число ограничений (типичный пример – 8 ограничений для задачи главы 5 (стр. 156, 157)), и некоторые из них достаточно жёсткие с точки зрения механики деформируемого твёрдого тела. Однако «физического» обоснования введённых предположений в полном объёме не приводится. При этом построенные решения можно классифицировать лишь как возможные решения, из которых на основании дополнительных условий (типа минимаксных в пункте 1.4 диссертационной работы и других) можно вести речь о предпочтительных решениях (в некоторых частных случаях – единственных решениях). Другими словами, при построении решений возникают бифуркационные состояния среды, и не всегда строго (с точки зрения математического аппарата) выполняется выбор одного из решений. Так, в задаче о деформировании и разрушении плоского образца (пункт 2.4) математически некорректно (просто волевым решением диссертанта) осуществлён переход от состояния однородного деформирования к состоянию локализации пластической деформации в некотором сечении образца;

- 2) К сожалению, диссертант ошибочно трактует понятие «эффект Баушингера», который наблюдается при повторно-статическом нагружении в условиях смены «знака» нагружения (сжатия после растяжения или наоборот в одноосном случае). В этом случае при одинаковых (по модулю) значениях предела текучести на растяжение ( $\sigma_+$ ) и сжатие ( $\sigma_-$ ) после повторно-статического нагружения  $|\sigma_+| \neq |\sigma_-|$ . В диссертационной работе фактически рассматривается разносопротивляющийся материал в смысле предела текучести на растяжение и сжатие. Об этом собственно свидетельствуют и экспериментальные данные кривых деформирования для некоторых материалов, представленные в приложении А. Поэтому в выводах по работе фразу «эффект Баушингера» следует заменить на фразу «разносопротивляющийся материал по отношению к пределу текучести»;
- 3) В пункте 5.1.3 допущена «техническая» ошибка при построении введённого диссидентом пластического ( $J_p$ ) интеграла. В формуле (5.12) во втором слагаемом пропущен множитель  $a$ , поэтому последующие формулы (5.13), (5.14), (5.16) должны содержать этот множитель в соответствующих местах. Соискатель пыталась установить инвариантность  $J_p$  относительно контура интегрирования около вершины трещины (по аналогии с классическим  $J$ -интегралом). Однако здесь в связи с наличием множителя  $a$  (это величина отрезка  $OA$  на рис. 5.3 диссертации, т.е.  $a = |OA|$ )  $\lim_{a \rightarrow 0} J_p = 0$ , т.е. инвариантность  $J_p$  не имеет места. Поэтому равенство (5.10)  $J_p \approx J$  (в автореферате формула (41)) не может выполняться. Но принципиально эта техническая ошибка не влияет на основные результаты работы;
- 4) Имеются вопросы по гипотезе (3.7) диссертации. Во-первых, это накладывает жёсткие ограничения на процесс нагружения, выполнение (3.7) возможно лишь в условиях простого нагружения (аналогично случаю деформационной теории пластичности), что вряд ли выполняется в условиях сложного напряжённого состояния в концентраторах (типа V-образного выреза). Во-вторых, диссидент утверждает (стр. 95 диссертации), что из

пропорциональности девиаторов для тензоров напряжений и конечных деформаций (3.7) следует пропорциональность компонент тензоров напряжений и конечных деформаций Альманси, а это (в общем случае) не так. Поскольку это условие используется в дальнейших выкладках на стр. 95, то получено неверное равенство  $I_{\Sigma} = h_E I_E$ . Этот материал используется далее в пункте 4.2 при описании методики определения феноменологического параметра  $\lambda'$  в ассоциированном законе пластического течения, поэтому формула для  $\lambda'$  (стр. 141 диссертации, в автореферате она приведена на стр. 26) должна иметь другой вид. Отметим, что и данная техническая ошибка не влияет на основные результаты работы, поскольку параметры  $h_E$  и  $\lambda'$  входят во все решения в общем виде, без конкретизации их значений;

5) Имеются замечания по пункту 5.1 диссертации. Во-первых, здесь вводится априорно 8 предположений, однако большая их часть требует какого-либо обоснования (теоретического или экспериментального) с точки зрения механики деформируемого твёрдого тела, что не сделано. Здесь в качестве одного из предположений появляется упругая область (во всех других рассмотренных задачах она отсутствует) и утверждается, что напряжённо-деформированное состояние во внешней упругой области определяется с помощью известных численных методов. Однако, во-первых, рецензенту абсолютно не понятно даже как ставить краевую задачу, какими должны быть граничные условия, как задать конфигурацию упругой области, например, как определить (или задать) величину  $a$  (отрезок  $OA$  на рис. 5.3). Во-вторых, для чего введена упругая область, если она в дальнейшем не используется в решении?

Поскольку здесь строится приближённое аналитическое решение, то возникает вопрос: каким образом оценить погрешность, вносимую разрывом касательной компоненты скорости перемещений  $[V_t]$  на участке  $EFG$  (рис. 5.2 диссертации), и можно ли вообще решить данную задачу, если учитывать этот разрыв?

- 6) При решении задачи о раскрытии трещины диссертант выполнил инверсию: она не рассматривает движение трещины внутрь неразрушенного материала, а зафиксировала трещину, а материал набегает на неё с заданной скоростью  $\bar{m}$ . В этом плане в задаче на самом деле рассматривается не раскрытие трещины, а «обтекание» (с разрушением) упругопластическим материалом абсолютно жёсткого клина, поскольку при построении решения предполагается, что участки  $AG$  и  $AC$  и угол раскрытия трещины (рис. 5.3 диссертации, рис. 14 в автореферате) не изменяются. Поэтому если речь идёт о трещине, то о некоторой «специфической» трещине.
- 7) К сожалению, А.А. Буханько уделила мало внимания экспериментальной проверке основных результатов и экспериментальному обоснованию хотя бы части гипотез. Здесь можно отметить и определённое противоречие: с одной стороны растягиваемый плоский (или цилиндрический) образец – это объект для решения краевой задачи пластического течения и разрушения, с другой стороны – этот же образец используется для получения диаграммы деформирования и определения констант модели (в частности, величин  $h_E$  и  $\lambda'$  – соответственно формула (3.12) и формула на стр. 141 диссертации), которые в дальнейшем используются в решении краевой задачи для этого же образца;
- 8) В диссертации имеется некоторая «вольность» в использовании терминологии и изложении её текста. Автору нужно было чётко дать понятие частицы (в автореферате это понятие «расшифровано»), поскольку в механике деформируемого твёрдого тела – это представительный объём, а при решении краевых задач она трактуется как «математическая» точка. Поэтому вызывает вопрос некорректность фразы: «... разрушается не область, а частица в окрестности вершины трещины» (стр. 159). Но частица – это тоже область (представительный объём).

На стр. 21 диссертации непонятна запись  $\frac{df}{dn} = \frac{dt}{dn}$  (что такое  $t$  - не определено);

на стр. 22 что означает  $\xi$ , и как эта величина связана с параметром  $t$ ?;

на стр. 29 имеется ссылка на формулу (1.30) и она используется, хотя эта формула приведена лишь на стр. 32; аналогично на стр. 125 имеется ссылка на формулу (4.11), а она появляется лишь на стр. 141;

на стр. 34 непонятно, что из себя представляют линии  $L_1$  и  $L_2$ , о которых нет никакого упоминания;

на стр. 38 приводится система четырёх нормальных дифференциальных уравнений относительно неизвестных  $A_{ij}$  ( $i, j = 1, 2$ ), которая (как утверждается) решается численно, однако начальные условия отсутствуют;

на стр. 39 приводится некорректная фраза: «... течение является практически единственным». Как её интерпретировать с точки зрения математики (теории дифференциальных уравнений)?

формулировки критериев № 1 и № 2 на стр. 39 с точки зрения русского языка понять затруднительно.

9) Имеются опечатки в некоторых формулах. Так, на стр. 133 формула для  $W_c(\sigma_B)$  не соответствует обозначениям на рис. 4.1 (б);

в параметре Одквиста (Удквиста) потерян множитель  $\frac{1}{3}$  под радикалом (стр. 138) и его лучше записывать в виде  $q = \int \sqrt{\frac{2}{3} \varepsilon_{ij}^p \varepsilon_{ij}^p} dt$ ;

на стр. 149 в последней формуле (для величины  $|I_E|$ ) должен быть знак «плюс», а не «минус», иначе  $|I_E| < 0$ ;

на стр. 102 диссертации в предельном равенстве должен стоять модуль отношения величин  $\frac{\sigma_S^+}{\sigma_S^-}$  (в автореферате это формула на стр. 18).

10) На стр. 155 непонятна фраза: «... материал является составным». Рецензенту известны однородные, неоднородные, многофазные и композиционные материалы.

График на рис. 3.7 малоинформативен, поскольку оценить визуально на нём отклонение величин  $K_3^I(\delta)$  и  $K_2^I(\delta)$  соответственно от значений 1 и (-1) практически невозможно. Лучше было бы дать эти отклонения в виде таблиц. Некорректно выполнено сравнение на рис. 3.9, поскольку расчётные кривые, полученные при величине удлинения  $\delta = 10\%$  и  $\delta = 50\%$ , нельзя сравнивать с данным по критериям текучести Мизеса и Треска – Сен-Венана, которые получены при  $\delta = 0,2\%$ .

При оформлении подрисуночных подписей в диссертации соискатель путает термины «пунктирная линия» и «штриховая линия».

11) Как это выглядит ни странно, но к недостаткам работы следует отнести необоснованную краткость при изложении результатов работы, так что проверка некоторых логических выводов при переходе от формулы к формуле требуют от рецензента объёмных (на несколько листов) математических выкладок. В качестве примера приведём лишь два неочевидных перехода: 1) Каким образом из выражений (3.16) и (3.17) получить выражением (3.44)? 2) совершенно неочевидно, что при выполнении соосности тензоров скоростей деформаций и девиатора напряжений не выполняется пропорциональность их компонент  $\varepsilon_{ij} \neq \lambda' s_{ij}$  (глава 3).

– Отзыв из Санкт-Петербургского государственного университета и Института проблем машиноведения РАН (г. Санкт-Петербург), подписан заведующим кафедрой теории упругости СПбГУ, академиком Морозовым Никитой Фёдоровичем и заведующим отделом математических методов механики материалов и конструкций ИПМ РАН, доктором физико-математических наук Фрейдиным Александром Борисовичем, содержит следующее замечание:

1) современная наука – интернациональна, было бы уместно представить результаты работы не только в ведущих российских, но и международных англоязычных журналах.

- Отзыв из Института механики МГУ имени М. В. Ломоносова (г. Москва) подписан заведующим лабораторией, доктором физико-математических наук, профессором Локощенко Александром Михайловичем, не содержит замечаний.
- Отзыв из Белорусского национального технического университета (г. Минск) подписан доктором физико-математических наук, профессором Чигаревым Анатолием Власовичем, не содержит замечаний.
- Отзыв из федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск) подписан заведующим отделом моделирования процессов деформирования и разрушения горных пород, доктором физико-математических наук, профессором Ревуженко Александром Филипповичем, старшим научным сотрудником лаборатории механики деформируемого твердого тела и сыпучих сред, доктором физико-математических наук Лавриковым Сергеем Владимировичем, содержит следующее замечание:
  - 1) Рассмотрение жесткопластической модели резко суживает диапазон применения рассмотренной теории, т.к. после формирования трещины именно учет упругих напряжений (высвобождение накопленной упругой энергии) может оказать существенное влияние на дальнейшее развитие картины деформирования.
- Отзыв из федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж), подписан профессором кафедры МиКМ, доктором технических наук Вервейко Николаем Дмитриевичем, инженером-конструктором 1 категории ООО ФПК «Космос-Нефть-Газ» Егоровым М. В., содержит следующее замечание:
  - 1) На уровне общей постановки задачи и определения поверхности деформационных состояний реализация пространственной задачи представляется возможной, но в данной работе она не была реализована.
- Отзыв из федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской

академии наук (г. Красноярск) подписан заведующим отделом вычислительной механики деформируемых сред, доктором физико-математических наук, профессором Садовским Владимиром Михайловичем, не содержит замечаний.

– Отзыв из федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тульский государственный университет» (г. Тула) подписан заведующим кафедрой строительства, строительных материалов и конструкций, доктором технических наук, профессором Трещевым Александром Анатольевичем, содержит следующие замечания:

- 1) В автореферате рассмотрены методы определения распределения удельной работы внутренних сил, но неясно как определяются значения критической удельной работы внутренних сил на указанных этапах пластической деформации;
- 2) Желательно было бы провести сравнение получаемых результатов расчета процесса разрушения с результатами, полученным по известным методам расчета пластического разрушения изложенными в работах В.Л. Колмогорова, Г.Д. Деля, В.А. Огородникова, А.А. Богатова.

– Отзыв из федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (г. Воронеж), подписан профессором кафедры высшей математики, доктором физико-математических наук, профессором Чернышовым Александром Даниловичем, содержит следующие замечания:

- 1) Нет анализа погрешности полученных результатов;
  - 2) Отсутствуют ссылки на работы известного ученого профессор Д.Д. Ивлева.
- Отзыв из федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» подписан заведующим кафедрой теоретической механики, доктором физико-математических наук, профессором Кривцовым Антоном Мирославовичем, содержит следующие замечания:

- 1) В автореферате не указано, как соотносятся введенные критические значения работы внутренних сил на пластических деформациях  $W_{**}$  и  $W_*$ , как влияет это соотношение на процесс разрушения.
  - 2) Желательны пояснения, насколько устойчивы полученные результаты к учету сжимаемости материала, в частности результаты, согласно которым пластическое течение полосы с V-образными вырезами возможно только при условии разрушения материала в окрестности вершины выреза.
  - 3) Согласно п.6 результатов работы (стр. 32) установлена связь новой критериальной величины с традиционными критериями механики разрушения. Желательны пояснения, насколько (и в каких случаях) новый критерий оказывается предпочтительнее классического.
  - 4) Работу украсило бы более подробное сравнение с экспериментальными данными.
- Отзыв из Института проблем механики РАН подписан ведущим научным сотрудником, доктором физико-математических наук Лычевым Сергеем Александровичем, содержит следующие замечания:
- 1) В тексте авторефера не поясняется, каким конфигурациям соответствуют деформированные состояния дел, что понимается под отсчетом конфигурацией (относительно которой, видимо, вычисляется «тензор дисторсии»), является ли отсчетная конфигурация совместной. При изучении конечных деформаций, приводящих к существенным изменениями формы тела, эти вопросы представляются существенными;
  - 2) Не ясно, выполняется ли принцип объективности при формулировке определяющих соотношений. К сожалению, этот вопрос, нетривиальный в рамках теории конечных деформаций, не обсуждается вовсе
  - 3) Рассуждения о напряжениях, представленные в автореферате, характерны для классической теории жесткопластического тела. Автор работы использует аппарат теории конечных деформаций, который должен приводить к более детальной классификации мер напряженного состояния,

относимых к образам различных конфигураций, например, напряжений Коши, Пиолы и т.д. Этот вопрос в автореферате не отражен.

– Отзыв из ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет» подписан профессором кафедры теоретической и прикладной механики, доктором физико-математических наук, профессором Коробкиным Валерием Дмитриевичем, содержит следующие замечания:

1) Замечания носят характер пожеланий. В дальнейших исследованиях рассмотреть технологические процессы, наиболее часто встречающиеся в процессах обработки металлов давлением. В частности, при прессовании металла в контейнере суженным выходным отверстием.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствием требованиям пунктов 22 и 24 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а также решением диссертационного совета Д212.300.02, зафиксированном в протоколе № 16 заседания диссертационного совета Д212.300.02 в ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева» от 08 июня 2015 г.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** фундаментальная основа для описания процессов зарождения и распространения трещин, которая расширяет границы применения механики разрушения на деформационные процессы технологической и эксплуатационной наследственности, в рамках концепции использования теории пластического течения;

**предложен** деформационно-энергетический подход к описанию процесса разрушения пластических тел, основанный на использовании модели упрочняющегося жесткопластического тела для описания процесса достижения материалом предельного состояния, и модели идеального жесткопластического тела на этапе распространения трещины;

**доказана** перспективность использования предлагаемого подхода для оценки трещиностойкости элементов конструкций при их изготовлении и эксплуатации;

**введены** критериальная величина достижения материалом предельного состояния и условия распространения трещины – удельная диссипация работы внутренних сил на пластических деформациях; условие пластичности, зависящее от второго и третьего инвариантов тензора напряжения, и сохраняющее характер гиперболичности определяющих соотношений теории пластического течения.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** связь между введенной критериальной величиной и классическими критериальными величинами трещиностойкости, используемыми в механике разрушения и основанными на деформационной теории пластичности;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** законы механики деформируемого твердого тела, соотношения теории пластичности, малоцикловой усталости и механики разрушения;

**изложены** идеи и новые подходы к решению поставленных задач;

**раскрыты** условия взаимосвязи между понятиями «угловой вырез» и «вершина трещины»; связь между разрушением материала и пластическим течением на разрывах поля скоростей перемещений;

**изучена** связь процесса распространения трещин с жесткопластическим течением;

**проведена модернизация** существующих решений проблем распространения трещин в жесткопластическом материале.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены** в учебно-исследовательский процесс в вузах и учреждениях академии наук методы оценки изменения трещиностойкости материалов;

**определенены** перспективы использования полученных аналитических результатов при реализации численных расчетов для различных деформационных процессов, связанных с пластическим деформированием и разрушением;

**созданы** предпосылки по совершенствованию методики исследования влияния технологических процессов и эксплуатационной наследственности на приближение материала к предельному состоянию, связанными с различными деформационными процессами;

**представлены** решения задач, моделирующих процессы деформирования и разрушения материала с учетом изменения геометрии и конечности деформаций в условиях пластического деформирования.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория построена** с применением общепринятых подходов механики деформируемого твердого тела, основных соотношений теории пластического течения, малоцикловой усталости и механики разрушения, в том числе для предельных случаев деформирования на особенностях поля скоростей перемещений;

**идея базируется** на современных представлениях механики разрушения и математической теории пластичности, связанных с геометрически-нелинейным деформированием тел и конструкций;

**использованы** сравнение авторских результатов и гипотез с известными классическими подходами в теории пластического течения и механике разрушения;

**установлено** совпадение полученных результатов с известными соотношениями теории пластического течения;

**использован** современный континуальный подход при построении новых критериев механики разрушения;

**экспериментальные работы** не проводились.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии на всех этапах работы: получение основных соотношений предлагаемого подхода,

постановка и решение краевых задач, выполнение необходимых вычислений и анализ полученных результатов; личном участии соискателя в аprobации результатов исследования; подготовке публикаций и докладов на конференции по материалам диссертации.

На заседании 16 сентября 2015г. диссертационный совет принял решение присудить Буханько А. А. учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 14 докторов наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета

Миронов Борис Гурьевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Тихонов Сергей Владимирович

16.09.2015 г.

