

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Прониной Юлии Григорьевны на диссертацию Михайловой Натальи Валерьевны на тему: «Разрушение сплошных сред при пороговых динамических нагрузках», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела.

Актуальность темы диссертации. Необходимость разработки новых моделей механики разрушения для тел, подверженных импульсным нагрузкам, диктуется потребностями практики: как для оценки прочности конструкций и сооружений, так и для определения оптимальных параметров обработки различных материалов. При всем многообразии существующих моделей разрушения, подходы к решению динамических задач или носят достаточно общий характер, не учитывая существенные характеристики исследуемых процессов (например, форму импульса воздействия), или описывают отдельные стадии процесса разрушения без учета переходных зон, или содержат большое количество параметров, которые проблематично определить экспериментально. Структурно-временной подход, разработанный Ю.В. Петровым с соавторами, позволяет справиться с указанными недостатками. Поэтому дальнейшее развитие и применение этого подхода к моделированию переходных процессов при разрушении материалов при импульсных воздействиях представляется актуальным и перспективным.

Новизна полученных результатов заключается в разработке новых моделей разрушения для прогнозирования процессов откола в металлических изделиях, для определения оптимальных параметров сверления хрупких материалов и условий ультразвуковой кавитации в различных жидкостях. Примечательно, что построенные модели учитывают связь механических параметров, соответствующих разным масштабным уровням, и подходят для описания переходных процессов. С использованием данных моделей исследованы некоторые интересные эффекты, такие как неустойчивость скоростной зависимости предельных напряжений при смене условий нагружения и звукокапиллярный эффект для пороговых амплитуд ультразвукового воздействия.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением апробированных методов исследования и подтверждается согласием разработанных теоретических моделей с данными, полученными экспериментально самим автором диссертации, а также экспериментальными данными, представленными в мировой научной литературе.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов. Теоретическая ценность работы заключается в построении моделей механики – на основе структурно-временного подхода, – способных описывать переходные процессы и временные эффекты разрушения в твердых материалах и жидкостях. При этом проведена верификация разработанных моделей и показано их соответствие экспериментальным данным. Все представленные модели представляют практический интерес; в частности, их рекомендуется использовать для оценки прочности материалов при откольном разрушении, для оптимального выбора параметров сверления с наложением ультразвука, для прогнозирования кавитации в различных жидкостях и управления движением жидкостей в капиллярных каналах.

Оценка содержания и оформления диссертации. Работа объемом 129 страниц состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 247 наименований. Работа имеет четкую структуру.

Во введении приводится краткая характеристика работы, описываются цель и задачи исследования.

В первой главе описывается современное состояние исследований по тематике работы, показываются преимущества структурно-временного подхода к решению задач динамического разрушения.

Во второй главе структурно-временной подход применяется для моделирования откольного разрушения. Результаты моделирования показывают, что откольная прочность зависит не только от скорости напряжения, но и от профиля импульса нагрузки. Также исследуется множественный откол в бетонных стержнях; разработанная модель позволила определить положение первого откольного сечения, время разрушения каждой части расколотого образца и диапазон сечений последующего разрушения.

Третья глава представляет результаты проведенных соискателем экспериментов по сверлению мраморных плит с ультразвуковым воздействием. Определены наиболее оптимальные параметры сверления с использованием трех типов сверл при различных скоростях вращения. Моделирование сверления с ультразвуком на основе структурно-временного подхода позволило рассчитать силу воздействия при сверлении с различными скоростями подачи материала. При этом результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными соискателя и других авторов.

В четвертой главе структурно-временной подход применяется для моделирования кавитации в жидкостях под действием ультразвука и звукокапиллярного эффекта. Представленные модели позволяют рассчитывать пороговую амплитуду ультразвука и звукокапиллярное давление в зависимости от частоты ультразвука, температуры жидкости и других параметров.

В заключении представлены основные результаты работы.

Стоит отметить, что все результаты моделирования показали хорошее соответствие экспериментальным данным различных авторов и демонстрируют широкие возможности применения разработанных моделей к различным инженерным проблемам, в том числе при описании сложных переходных процессов. Работа демонстрирует широкий кругозор автора и его способности к проведению как экспериментальных, так и теоретических исследований. Несомненным достоинством работы является сочетание цельности и многогранности представленных результатов: проблемы из различных областей механики сплошных сред решаются на основе единого структурно-временного подхода. Особо хочется подчеркнуть прикладную ценность работы.

При прочтении работы возникли следующие **замечания, вопросы и пожелания:**

1. Работа содержит большое количество стилистических ошибок и некоторые другие погрешности изложения (например, на стр. 33 не описаны параметры c_b и t_m , на стр. 35 – c_l и ΔU_{pb} , на стр. 100 – R_{out} ; на рис. 2.13 не описаны данные, используемые для построения графиков).
2. Описание актуальности и степени разработанности темы исследований во введении желательно дать с более конкретной привязкой к теме исследований. Хотелось бы узнать, какие результаты работ по теме диссертации принадлежат лично автору диссертации, а какие соавторам.
3. В п. 2.1 написано, что при проведении эксперимента свободная поверхность образца полировалась до матового мелкодисперсного состояния, необходимого для качественной регистрации сигнала интерферометром. Интересно узнать мнение соискателя: влияет ли качество обработки свободной поверхности на откольное

- разрушение? Насколько точным может быть такое предсказание для образцов с неотшлифованной свободной поверхностью?
4. Относительно блок-схемы на рис. 2.10 интересно узнать: необходимо ли проводить расчет напряжений в разных сечениях в цикле или можно параллельно?
 5. В работе неоднократно говорится, что «напряжение сжатия принимают отрицательное значение, а напряжение растяжения – положительное» (стр. 41). Интересно узнать, в каких случаях автор наблюдала противоположную ситуацию.
 6. На рис. 2.12 «штриховой линией обозначен профиль напряжения, создаваемый импульсом нагрузки». Хотелось бы узнать, где этот профиль «создается», если эти линии соответствуют времени после откола.
 7. На стр. 43 сказано, что «инкубационное время $\tau = 450$ нс выбрано таким образом, чтобы обеспечить наилучшее соответствие расчетных и экспериментальных точек». Уточните, пожалуйста: инкубационное время здесь является подгоночным параметром или может быть определено однозначно для данного материала и масштабного уровня? Зависит ли оно от скорости напряжения и/или формы импульса?
 8. Известно, что эффект взаимодействия контактов при множественных контактах является доминантным по сравнению с вкладом каждого контакта по-отдельности. В связи с этим, какие рекомендации Вы можете дать по подбору параметра ρ в формуле (3.7), и как Вы его подбирали в рассмотренных в работе случаях? Если уравнение (3.8) описывает осевую силу, созданную одной алмазной частицей, то как из нее находится осевая сила для сверла в целом?
 9. Стр. 77–78: что в работе понимается под «импульсом воздействия», если он имеет длину, измеряемую в метрах? Что понимается под деформацией импульса воздействия?
 10. Поясните, пожалуйста, в чем сложность получения данных и/или проведения экспериментов для разных скоростей подачи материала при сверлении – для верификации модели, представленной на рис. 3.27?

Указанные замечания не умаляют значимости полученных результатов и не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертация Михайловой Натальи Валерьевны на тему: «Разрушение сплошных сред при пороговых динамических нагрузках» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Михайлова Наталья Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор Кафедры вычислительных методов
механики деформируемого тела СПбГУ

Пронина Юлия Григорьевна

