

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию ВОЛКОВА Григория Александровича «Инкубационные характеристики предельных состояний сплошных сред», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Описание и прогнозирование механического поведения и разрушения материалов при высокоскоростном нагружении на протяжении многих лет является предметом особого внимания со стороны специалистов в области механики и физики материалов. К настоящему времени разработано множество моделей для решения проблемы высокоскоростного разрушения твердых тел. Каждая из них имеет как достоинства, так и недостатки и применима лишь при некоторых ограничениях. Большие успехи были достигнуты в результате разработки структурно-временного подхода для описания динамического разрушения на базе концепции инкубационного времени. Многочисленные работы, основанные на таком подходе, показали его эффективность и возможность применения не только для случая хрупкого разрушения, но и для других критических процессов, реализуемых при высокоскоростном нагружении. В результате открываются широкие перспективы для использования разработанного подхода при условии адекватного определения физического смысла параметров критерия инкубационного времени. В связи с этим, тема диссертации Волкова Г.А., посвященной анализу инкубационных характеристик материалов при ударных воздействиях, несомненно, является **актуальной**.

Использование структурно-временного подхода для описания динамической прочности твердых тел предполагает необходимость определения инкубационного времени по результатам ограниченного числа экспериментов. Для расчета прогноза особую важность приобретает точность определения этого параметра теории. В работе Волкова Г.А. разработана новая методика оценки значения инкубационного времени, основанная на рандомизированном алгоритме знаковозмущенных сумм (SPS-метод). Метод позволяет определить величину инкубационного времени в форме доверительного интервала и вычислить погрешность сделанной оценки. Это является важным вкладом в развитие теории и методов расчета, поскольку значительно увеличивает достоверность результатов оценки инкубационного времени. Работоспособность метода SPS продемонстрирована на примере решения ряда задач.

В диссертации SPS-метод обобщается на двумерный случай, в котором может быть произведена оценка значений не только инкубационного времени, но и критического напряжения. Предложен модифицированный метод определения критического напряжения и показано, что в ряде случаев в качестве критического напряжения следует выбирать не то напряжение, которое соответствует предельному уровню напряжений при медленном нагружении, а другое напряжение, вычисленное с использованием SPS- метода. В этом случае будет достигнуто лучшее количественное соответствие между моделируемой и

PK №33-06-1220 от 10.12.2024

экспериментальной скоростными зависимостями прочности. Высказано предположение о том, что наличие двух, отличных от друг друга, возможных значений критического напряжения связано с различием механизмов разрушения при быстром и медленном нагружении. Параметр α является показателем чувствительности к амплитуде нагружающего импульса и при расчете предела текучести также сильно зависит от скорости нагружения, поскольку при разных скоростях может изменяться доминирующий механизм деформации.

Большое внимание в диссертационной работе Волкова Г.А. уделено применению структурно-временного подхода к описанию и прогнозированию динамического разрушения жидких сред. На основе критерия инкубационного времени разработана новая модель, предсказывающая зависимость порога импульсной кавитации от длительности нагружающего импульса и порога акустической кавитации от частоты ультразвуковой волны. Выполнено сравнение расчетных и экспериментальных результатов, которое показало хорошее качественное и количественное соответствие данных. Аналитическая модель, позволяет описать влияние фонового гидростатического давления и температуры на значение порога кавитации. Показана перспективность развиваемого подхода для описания влияния ультразвуковой волны на условия фазового равновесия. Важной частью исследования является моделирование процесса вибрационной резки.

Выполнено исследование оценки энергоёмкости процессов динамического разрушения при контактном взаимодействии жесткой частицы с упругим полупространством. С использованием критерия инкубационного времени вычислены пороговые радиус и скорость частицы при которых будет возникать на поверхности среды пороговое воздействие. Установлена связь между кинетической энергией частицы и длительностью порогового импульса для частиц различной формы. Показано, что минимум кинетической энергии для сферической частицы и частицы в форме поверхности вращения соответствует длительностям импульса, близким к величине инкубационного времени. Указано на важность учета начальной сверхзвуковой стадии увеличения области контакта. Построено непрерывное решение для сверхзвуковой и дозвуковой стадии взаимодействия налетающей частицы с преградой.

Результаты диссертационной работы Волкова Г.А. обладают несомненной **научной новизной**. Впервые разработан метод, позволяющий оценить величину инкубационного времени в форме доверительного интервала и вычислить погрешность сделанной оценки. Впервые предложена модель инициирования фазового превращения воздействием ультразвука. Впервые продемонстрирована важность учета сверхзвуковой стадии при расчетах внедрения частиц в препятствие. Дана новая интерпретация параметров критерия инкубационного времени.

Достоверность полученных результатов подтверждается согласием между расчетными и экспериментальными данными, согласием полученных результатов с существующими

представлениями в области механики разрушения, соответствием объяснения выявленных эффектов имеющимся физическим представлениям.

Результаты диссертационной работы Волкова Г.А. имеют большую **научную значимость**, поскольку открывают новые пути развития теории инкубационного времени и открывают перспективы для успешного моделирования механического поведения материалов при экстремальных воздействиях. Разработанные в работе подходы имеют и **практическую ценность**, поскольку могут быть использованы при расчетах и прогнозировании деформации и разрушения материалов в инженерной практике. Это, прежде всего, подтверждается результатами моделирования процессов вибрационной резки.

Работа апробирована на научных симпозиумах и ее основные результаты опубликованы в научных журналах и трудах конференций. Диссертация оформлена в соответствии с требуемыми стандартами.

По содержанию диссертации необходимо сделать следующие замечания.

1. Критерий инкубационного времени формулируется в виде неравенства, однако при расчетах везде используется равенство. Необходимо пояснить такое несоответствие.
2. Диссертация состоит из пяти глав. Некоторые из них выглядят обособлено и плохо связаны с проблемами, решаемыми в других разделах. Например, так можно сказать о главе 2, посвященной анализу порога кавитации и влиянию ультразвука на фазовые переходы. Необходимо было бы сделать текстовые смысловые переходы, связывающие главы друг с другом и объединяющие задачи диссертации в единое целое. Кроме того, названия глав не всегда отражают их основное содержание. Это особенно относится к главе 4, названной «Конкуренция микроструктурных механизмов неупругого деформирования сплошных сред».
3. Выбор соотношения типа Аррениусовского (2.14) для описания зависимости инкубационного времени от температуры выглядит необоснованным. Этот выбор представляется не самым лучшим, поскольку требует анализа энергии активации кавитации и обоснования того, что её величина, как это следует из содержания диссертации, очень мала и составляет порядка 0.1 эВ.
4. Подписи к рисункам 3.2, 3.4 и 3.5 являются некорректными, поскольку кинетическая энергия налетающей частицы не зависит от длительности порогового импульса. Она определяется только массой и скоростью частицы.

Сделанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы.

Содержание диссертации Волкова Г.А. на тему «Инкубационные характеристики предельных состояний сплошных сред» соответствует специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела. Она является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые теоретические положения, имеющие важное значение

для решения проблемы описания и прогнозирования поведения сплошных сред при высокоскоростных воздействиях.

Нарушений пунктов 9 и 11 Порядка присуждения Санкт-Петербургским государственным университетом ученой степени доктора наук соискателем ученой степени мною не установлено. Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени доктора наук, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и рекомендована к защите в СПбГУ.

Соискатель ВОЛКОВ Григорий Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Председатель диссертационного совета
Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник кафедры
теории упругости имени Н.Ф.Морозова СПбГУ



Беляев С.П.

Подпись руки	<i>Велика</i>
	<i>Сергей Павлович</i>
УДОСТ	ВЕРЯЮ
Специалист	<i>А.А. Александров</i>
по кадровой работе	
« 10 » декабря 2024 г.	

